

CAROLINE BARP ZANCHET MACHADO

O TRATAMENTO DE ASPECTOS DE CONFORTO TÉRMICO
EM RESIDÊNCIAS DO PERÍODO MODERNISTA EM CURITIBA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid

CURITIBA

2008

TERMO DE APROVAÇÃO

CAROLINE BARP ZANCHET MACHADO

O TRATAMENTO DE ASPECTOS DE CONFORTO TÉRMICO
EM RESIDÊNCIAS DO PERÍODO MODERNISTA EM CURITIBA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFPR

Prof. Dr. Maurício Roriz

Departamento de Engenharia Civil, UFSCar

Prof. Dr. Sérgio Fernando Tavares

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFPR

Curitiba, 28 de março de 2008.

Para meu marido, Henrique.
Para meus pais, Nelson e Evildes, em memória.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Aloísio Leoni Schmid, pela orientação, apoio e amizade.

À profa. Josilena Zanello Gonçalves, pela contribuição no desenvolvimento desta pesquisa e disposição em me auxiliar.

À profa. Evelcy Monteiro Machado, pelas ricas discussões, conversas e incentivo desde o início deste processo, além do carinho.

À profa. Maria do Carmo Duarte Freitas, pelo apoio em uma hora difícil e durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Aos arquitetos entrevistados, pela atenção dedicada à pesquisa, pelas informações e materiais disponibilizados.

Aos proprietários das obras pesquisadas, pela gentileza em permitir as visitas às residências e disposição em fornecer informações e materiais.

Aos colegas do PPGCC, em especial à Wânia e à Silvana, pela amizade e por compartilhar as dúvidas, angústias, desafios e conquistas no decorrer do curso.

Ao Joaquim, pelas conversas empolgantes que auxiliaram a compreender melhor a arquitetura e engenharia de Curitiba.

Aos meus familiares e amigos, pela compreensão.

Ao Henrique, meu maior incentivador, pelo amor, compreensão e companheirismo que me respaldaram durante este trabalho.

A maioria dos arquitetos não teria esquecido hoje
que a grande arquitetura está nas próprias origens da humanidade
e que é função direta dos instintos humanos?

Le Corbusier

RESUMO

Esta pesquisa aborda a arquitetura brasileira do período modernista em suas origens e investiga a questão do conforto ambiental e da adequação desta arquitetura ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi identificar e analisar as medidas utilizadas no tratamento de aspectos de conforto térmico em residências do período modernista em Curitiba, Paraná. Partiu-se do pressuposto de que as residências do período modernista em Curitiba incorporavam soluções arquitetônicas para o tratamento do conforto ambiental de forma passiva, reduzindo a necessidade de uso de energia artificial. O método adotado foi o estudo de casos múltiplos, realizado em cinco obras residenciais representativas da arquitetura moderna de Curitiba, surgidas no período compreendido entre 1930 e 1965. Para a análise dos dados foram utilizadas as recomendações construtivas da NBR 15220 (ABNT, 2005), o programa de simulação Luz do Sol (RORIZ, 1995) e considerações levantadas na literatura especializada. Foi possível identificar as soluções arquitetônicas utilizadas e, posteriormente, avaliou-se detalhadamente sua adequação nas cinco edificações. Observou-se que as cinco obras escolhidas para a pesquisa incorporavam soluções arquitetônicas para o tratamento do conforto térmico de forma passiva. No entanto, nem todas as estratégias utilizadas pelos arquitetos para propiciar melhorias no conforto ambiental são adequadas ao clima e ao meio físico onde foram inseridas. A pesquisa procura contribuir no resgate das soluções projetuais do período modernista que são adequadas ao clima de Curitiba e no seu aperfeiçoamento, valorizando a utilização de estratégias passivas para obtenção do conforto ambiental.

Palavras-chave: Conforto térmico. Arquitetura Moderna brasileira. Residências.

ABSTRACT

The approach of this research is the Brazilian architecture of the Modern period in its origins and its concern with the indoor comfort and suitability for the environment. The purpose of this dissertation was to identify and analyze the means used in the treatment of thermal comfort in residential buildings from the Modern period in Curitiba, Paraná, Brazil. The main assumption was that the Modern period residential buildings in Curitiba incorporated architectonic solutions for the indoor comfort in a passive manner, reducing the need of artificial energy. The research method was the multiple cases study, conducted in five representative residential buildings, from the Modern period in Curitiba, all of them being built between 1930 and 1965. The data analysis was done taking into account the constructive recommendations of NBR 15220 (ABNT, 2005), the simulation program Luz do Sol (RORIZ, 1995) and final considerations found in specialized literature. It was possible to identify the architectonical solutions applied and, later, evaluate in details its adequacy in the five buildings. It was possible to notice that the five buildings chosen for the research presented architectonical solutions for the thermal comfort in a passive manner. However, not all the strategies used by the architects to bring a better indoor comfort are appropriate for the climate and environment in which they were built. This research intends to contribute to the rescue of the project solutions from the Modern period that are suitable for the climate in Curitiba. It also intends to help improving these solutions, increasing the value of passive strategies to achieve indoor comfort.

Keywords: Thermal comfort. Brazilian Modern architecture. Residential buildings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1 - TEMPERATURAS MÉDIA DAS MÁXIMAS E MÉDIA DAS MÍNIMAS PARA A CIDADE DE CURITIBA (°C)	42
FIGURA 1 - CARTA SOLAR DA CIDADE DE CURITIBA.....	42
FIGURA 2 - CARTA BIOCLIMÁTICA COM TRY DE CURITIBA.....	43
TABELA 1 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS (%) PARA CURITIBA.....	44
FIGURA 3 - EDIFÍCIO DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE, RIO DE JANEIRO	47
FIGURA 4 - TIPOLOGIAS DE <i>BRISES-SOLEIL</i> ADOTADAS NO ESTUDO	57
FIGURA 5 - RESIDÊNCIA RIO BRANCO PARANHOS, SÃO PAULO	61
FIGURA 6 - PRIMEIRA RESIDÊNCIA DO ARQUITETO VILANOVA ARTIGAS, SÃO PAULO	61
FIGURA 7 - VISTA FRONTAL DA RESIDÊNCIA OLGA BAETA, SÃO PAULO.....	62
FIGURA 8 - RESIDÊNCIA OLGA BAETA, SÃO PAULO.....	65
FIGURA 9 - VISTA DA FACHADA NORTE DA ESTAÇÃO RODOVIÁRIA DE LONDRINA.....	62
FIGURA 10 - FACHADA LESTE DO EDIFÍCIO AUTOLON.....	64
FIGURA 11 - <i>BRISES</i> NA FACHADA OESTE DA CASA DA CRIANÇA.....	64
FIGURA 12 - CASA DA CRIANÇA	64
FIGURA 13 - ABERTURAS JUNTO AO PLANO DE TRABALHO E PRÓXIMAS AO FORRO	65
FIGURA 14 - ELEMENTOS VAZADOS UTILIZADOS EM OBRAS DO FINAL DA DÉCADA DE 1940	65
FIGURA 15 - DETALHE DE ELEMENTOS VAZADOS	65
FIGURA 16 - RESIDÊNCIA OSCAR AMERICANO	66
FIGURA 17 - RESIDÊNCIA DO ARQUITETO	67
FIGURA 18 - RESIDÊNCIA NO JARDIM GUEDALA	67
FIGURA19 - VENEZIANAS BASCULANTES, RESIDÊNCIA NO JARDIM GUEDALA.....	68
FIGURA 20 - DETALHAMENTO DAS VENEZIANAS BASCULANTES.....	68
FIGURA 21 - HOSPITAL DE SERRA DO NAVIO	69
FIGURA 22 - DETALHE DOS ELEMENTOS VAZADOS.....	69
FIGURA 23 - CENTRO DE SAÚDE DE VILA AMAZONAS.....	70
FIGURA 24 - DETALHE DO <i>BRISE</i> MÓVEL	70

FIGURA 25 - VISTA DA JANELA VENEZIANA COM PALHETAS MÓVEIS.....	70
FIGURA 26 - DETALHAMENTO DA JANELA VENEZIANA COM PALHETAS MÓVEIS	70
FIGURA 27 - ESTUDOS DE INSOLAÇÃO E VENTILAÇÃO PARA AS RESIDÊNCIAS.....	71
FIGURA 28 - ESTUDOS DE INSOLAÇÃO E VENTILAÇÃO PARA AS RESIDÊNCIAS.....	71
FIGURA 29 - CROQUI COM ESQUEMA DE VENTILAÇÃO DO ALBERGUE DA BOA VONTADE, 1931.....	73
FIGURA 30 - CROQUI COM ESQUEMA DE JANELAS E VENTILAÇÃO	73
FIGURA 31 - CONJUNTO RESIDENCIAL PEDREGULHO, 1946.....	74
FIGURA 32 - CORREDORES DE CIRCULAÇÃO EXTERNOS DO CONJUNTO RESIDENCIAL PEDREGULHO	74
FIGURA 33 - ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR.....	75
FIGURA 34 - VISTA DO JARDIM DA RESIDÊNCIA RINO LEVI.....	77
FIGURA 35 - PLANTA DA RESIDÊNCIA DO ARQUITETO RINO LEVI.....	77
FIGURA 36 - VISTA DA FACHADA DA RESIDÊNCIA MILTON GUPER	78
FIGURA 37 - VISTA DO JARDIM SOB A PÉRGULA.....	78
FIGURA 38 - CORTES E PLANTA DA RESIDÊNCIA MILTON GUPER	79
FIGURA 39 - PLANTA E CORTE DA RESIDÊNCIA PAULO HESS.....	80
FIGURA 40 - VISTA DO INTERIOR DA SALA E DA VARANDA LATERAL DA RESIDÊNCIA PAULO HESS.....	81
FIGURA 41 - VISTA DA SALA INTEGRADA AOS JARDINS, RESIDÊNCIA CASTOR PEREZ.....	81
FIGURA 42 - VISTA EXTERNA DA RESIDÊNCIA CASTOR PEREZ.....	82
FIGURA 43 - VISTA DA COZINHA.....	82
FIGURA 44 - VISTA INTERNA DA FACHADA NORTE DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE	85
FIGURA 45 - VISTA EXTERNA DA FACHADA NORTE DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE	85
FIGURA 46 - CROQUI COM ESQUEMA DE VENTILAÇÃO	86
FIGURA 47 - CROQUI COM ESQUEMA DE <i>BR/SES</i>	86
FIGURA 48 - LIVRO DE LE CORBUSIER PRESENTEADO POR AGACHE A LOLO CORNELSEN.....	90
QUADRO 2 - SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS CARACTERÍSTICAS DA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA E SUAS FUNÇÕES	95
FIGURA 49 - ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO.....	106

QUADRO 3 - TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, ATRASO TÉRMICO E FATOR DE GANHO SOLAR ADMISSÍVEIS PARA CADA TIPO DE VEDAÇÃO EXTERNA.....	106
QUADRO 4 - DIRETRIZES CONSTRUTIVAS DA NBR 15220	107
FIGURA 50 - CONSTRUÇÃO DA RESIDÊNCIA FREDERICO KIRCHGÄSSNER	111
FIGURA 51 - VISTA DA RESIDÊNCIA FREDERICO KIRCHGÄSSNER.....	111
FIGURA 52 - PROJETO ARQUITETÔNICO ORIGINAL	112
FIGURA 53 - CONSTRUÇÃO DA RESIDÊNCIA	113
QUADRO 5 - SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS	114
QUADRO 6 - DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA KIRCHGÄSSNER.....	114
FIGURA 54 - VISTA DA FACHADA POSTERIOR (NNE).....	116
FIGURA 55 - VISTA DA FACHADA LATERAL (ONO)	116
FIGURA 56 - PLANTA DO PRIMEIRO PAVIMENTO	117
FIGURA 57 - PLANTA DO SEGUNDO PAVIMENTO	117
FIGURA 58 - PLANTA DA COBERTURA	118
FIGURA 59 - VISTA A PARTIR DA ESQUINA COM EDIFÍCIO VIZINHO AO FUNDO	118
FIGURA 60 - VISTA ANTIGA DO TERRAÇO DA COBERTURA	120
FIGURA 61 - VISTA ATUAL DO TERRAÇO DA COBERTURA	120
FIGURA 62 - VISTA EXTERNA DO SISTEMA DE ESQUADRIAS DE MADEIRA	121
FIGURA 63 - VISTA EXTERNA DA VENEZIANA DE MADEIRA.....	121
FIGURA 64 - ELEMENTO DE PROTEÇÃO DAS JANELAS DE MADEIRA.....	122
FIGURA 65 - ELEMENTO DE PROTEÇÃO DAS PORTAS	122
FIGURA 66 - VISTA INTERNA DA JANELA DA SUÍTE, ORIENTAÇÃO NNE.....	123
FIGURA 67 - VISTA EXTERNA DA JANELA DA SUÍTE, ORIENTAÇÃO NNE.....	123
FIGURA 68 - VISTA INTERNA DA JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO, ORIENTAÇÃO ESE	124
FIGURA 69 - VISTA EXTERNA DA JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO, ORIENTAÇÃO ESE	124
FIGURA 70 - VISTA INTERNA DA JANELA DA COZINHA, ORIENTAÇÃO ONO.....	125
FIGURA 71 - VISTA INTERNA DA COZINHA	125
FIGURA 72 - VISTA DO <i>BRISE-SOLEIL</i> JUNTO À DIVISA, FACHADA COM ORIENTAÇÃO ONO.....	127
FIGURA 73 - VISTA DO <i>BRISE-SOLEIL</i>	127

FIGURA 74 - VISTA DO PERGOLADO.....	127
FIGURA 75 - VISTA INTERNA DA ABERTURA PARA ILUMINAÇÃO ZENITAL.....	127
FIGURA 76 - VISTA INTERNA DO ATELIER.....	127
FIGURA 77 - VISTA EXTERNA DA ABERTURA PARA ILUMINAÇÃO ZENITAL.....	127
FIGURA 78 - PISO DE MADEIRA.....	128
FIGURA 79 - COR DA PINTURA DAS SALAS E ATELIER.....	128
FIGURA 80 - COR DA PINTURA DA SUÍTE.....	128
FIGURA 81 - VISTA EXTERNA DO DESNÍVEL DO TERRENO E ARMÁRIO EMBUTIDO.....	129
FIGURA 82 - VISTA EXTERNA DO DESNÍVEL DO TERRENO E ARMÁRIO EMBUTIDO.....	129
FIGURA 83 - DESENHO DO ARQUITETO.....	130
FIGURA 84 - VISTA DA FACHADA SSO.....	130
FIGURA 85 - VISTA DA VEGETAÇÃO A PARTIR DO TERRAÇO.....	130
FIGURA 86 - VISTA EXTERNA DA FACHADA PRINCIPAL.....	132
FIGURA 87 - PLANTA PAVIMENTO TÉRREO.....	133
FIGURA 88 - PLANTA PAVIMENTO SUPERIOR.....	134
FIGURA 89 - VISTA DA FACHADA FRONTAL.....	135
FIGURA 90 - VISTA DA FACHADA FRONTAL.....	135
FIGURA 91 - VISTA EXTERNA DO SALÃO DE FESTAS NO PAVIMENTO TÉRREO.....	135
FIGURA 92 - VISTA INTERNA DO SALÃO DE FESTAS.....	135
FIGURA 93 - VISTA INTERNA DO ESTAR SOCIAL.....	136
FIGURA 94 - VISTA INTERNA DO ESTAR ÍNTIMO.....	136
FIGURA 95 - PAINEL NA FACHADA, PINTADO PELO ARQUITETO.....	137
QUADRO 7 - SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS.....	137
QUADRO 8 - DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA CORNELSEN.....	137
FIGURA 96 - RESIDÊNCIA HENRIQUE WOLF, 1963.....	140
FIGURA 97 - RESIDÊNCIA DARCY SLAVIERO, 1949.....	140
FIGURA 98 - VISTA DA FACHADA COM AS ABERTURAS DOS DORMITÓRIOS.....	142
FIGURA 99 - VISTA PORTA-JANELA DA SALA DE CONVÍVIO.....	142
FIGURA 100 - VISTA DA FACHADA DOS DORMITÓRIOS A NOROESTE.....	142
FIGURA 101 - VISTA DA FACHADA NE.....	144

FIGURA 102 - CORTE LONGITUDINAL	147
FIGURA 103 - VISTA DO TERRAÇO E DO JARDIM.....	148
FIGURA 104 - VISTA DO JARDIM.....	148
FIGURA 105 - VISTA EXTERNA DA RESIDÊNCIA.....	149
FIGURA 106 - PLANTA DO PAVIMENTO TÉRREO.....	150
FIGURA 107 - PLANTA DO PAVIMENTO SUPERIOR.....	150
FIGURA 108 - ABERTURA DOS CÔMODOS PARA A LATERAL DO TERRENO	151
FIGURA 109 - VISTA DA FACHADA VOLTADA PARA A RUA.....	152
FIGURA 110 - VISTA DA RAMPA DE ACESSO.....	152
QUADRO 9 - SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS	152
QUADRO 10 - DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA JOÃO LUIZ BETTEGA	152
FIGURA 111 - REVESTIMENTO EXTERNO ANTIGO.....	155
FIGURA 112 - ELEVAÇÃO LATERAL ESQUERDA, FACHADA NNO	155
FIGURA 113 - ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA , FACHADA SSE.....	156
FIGURA 114 - CORTE TRANSVERSAL.....	157
FIGURA 115 - VISTA INTERNA DO DORMITÓRIO	158
FIGURA 116 - DETALHE DA ESQUADRIA.....	158
FIGURA 117 - VISTA INTERNA DA SALA DE ESTAR.....	160
FIGURA 118 - VISTA INTERNA DA SALA DE ESTAR.....	160
FIGURA 119 - VISTA DA SALA DE ESTAR	162
FIGURA 120 - FACHADA NNO.....	162
FIGURA 121 - JANELA SIMULADA NA VISTA INTERNA DA COZINHA.....	162
FIGURA 122 - VISTA DA SALA DE ESTAR	165
FIGURA 123 - VISTA DA SALA DE ESTAR	165
FIGURA 124 - CAMADAS DE PINTURA EXIBINDO A COR ATUAL E AS CORES ANTIGAS DA SALA DE ESTAR	165
FIGURA 125 - DETALHE DO PISO DE MADEIRA	165
FIGURA 126 - CAMADAS DE PINTURA EXIBINDO A COR ATUAL E AS CORES ANTIGAS DA SALA DE JANTAR	165
FIGURA 127 - VISTA DE UM DORMITÓRIO	166
FIGURA 128 - VISTA DA PAREDE OPOSTA À JANELA DE UM DORMITÓRIO.....	166

FIGURA 129 - VISTA ANTIGA DA ENTRADA SOCIAL	168
FIGURA 130 - VISTA RECENTE DA ENTRADA SOCIAL	168
FIGURA 131 - PLANTA PAVIMENTO INFERIOR.....	169
FIGURA 132 - PLANTA PAVIMENTO TÉRREO E SUPERIOR	170
FIGURA 133 - VISTA DO PÁTIO INTERNO.....	171
FIGURA 134 - VISTA EXTERNA DA RESIDÊNCIA.....	172
QUADRO 11 - SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS	172
QUADRO 12 - DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA JOAQUIM FRANCO	173
FIGURA 135 - VISTA DO PÁTIO A PARTIR DO EXTERIOR.....	174
FIGURA 136 - VISTA DO PÁTIO A PARTIR DO INTERIOR.....	174
FIGURA 137 - VISTA DA CIRCULAÇÃO ADJACENTE AO PÁTIO.....	174
FIGURA 138 - CROQUI COM ESTUDO DE CORES DA FACHADA NNE.....	175
FIGURA 139 - VISTA DA FACHADA ONO.....	175
FIGURA 140 - CORTE LONGITUDINAL	176
FIGURA 141 - VISTA DO BLOCO DOS DORMITÓRIOS SOBRE PILOTIS.....	177
FIGURA 142 - VISTA INTERNA DO ESTAR SOCIAL	178
FIGURA 143 - VISTA EXTERNA DAS JANELAS DO ESTAR SOCIAL.....	178
FIGURA 144 - VISTA EXTERNA DA JANELA DA SALA DE JANTAR	178
FIGURA 145 - VISTAS INTERNAS DA SALA DE JANTAR	178
FIGURA 146 - VISTA DE ESPAÇO INTERNO	182
FIGURA 147 - PLANTA PAVIMENTO TÉRREO.....	185
FIGURA 148 - PLANTA PAVIMENTO SUPERIOR.....	186
FIGURA 149 - FACHADA PRINCIPAL DA RESIDÊNCIA	187
FIGURA 150 - CONJUNTO DAS VIGAS-COBERTURA EM CONCRETO APARENTE.....	187
FIGURA 151 - CORTE LONGITUDINAL	188
QUADRO 13 - SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS	189
QUADRO 14 - DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA MÁRIO PETRELLI.....	189
FIGURA 152 - FACHADA ENE (SETOR DE SERVIÇOS)	191
FIGURA 153 - FACHADA NNO (DORMITÓRIOS E SALAS)	191
FIGURA 154 - PAREDE DE PEDRA	191

FIGURA 155 - FECHAMENTO EM MADEIRA DA FACHADA FRONTAL (SSE)	191
FIGURA 156 - DETALHE DA PAREDE DE PEDRA	191
FIGURA 157 - VISTA EXTERNA DO FECHAMENTO DO PAVIMENTO TÉRREO COM VIDRO TEMPERADO	192
FIGURA 158 - VISTA INTERNA DO FECHAMENTO DO PAVIMENTO TÉRREO	192
FIGURA 159 - VISTA DO FORRO DE MADEIRA.....	193
FIGURA 160 - VISTA DO FORRO DE GESSO DE UM DORMITÓRIO.....	193
FIGURA 161 - VISTA EXTERNA DAS VENEZIANAS DOS DORMITÓRIOS	194
FIGURA 162 - VISTA INTERNA DA JANELA DE UM DORMITÓRIO	194
FIGURA 163 - VISTA EXTERNA DA JANELA DA SALA ÍNTIMA ORIENTADA A OSO	194
FIGURA 164 - VISTA EXTERNA DA JANELA DA SALA ÍNTIMA ORIENTADA A ENE.....	194
FIGURA 165 - VISTA EXTERNA DO SALÃO DE JOGOS	195
FIGURA 166 - DETALHE DO BEIRAL E DA PÉRGULA NA FACHADA FRONTAL (SSE)	196
FIGURA 167 - DETALHE DO BEIRAL E DA PÉRGULA NA FACHADA DOS FUNDOS (NNO).....	196
FIGURA 168 - VISTA DAS JANELAS DA COZINHA A PARTIR DO INTERIOR.....	198
FIGURA 169 - VISTA DA FACHADA EXTERNA (ENE).....	198
FIGURA 170 - INCIDÊNCIA DO SOL ATRAVÉS DA ABERTURA ZENITAL.....	199
FIGURA 171 - VISTA DO PÁTIO INTERNO ILUMINADO POR ABERTURA ZENITAL	201
FIGURA 172 - DETALHE DA ABERTURA ZENITAL	201
FIGURA 173 - VISTA INTERNA DA ILUMINAÇÃO ZENITAL	202
FIGURA 174 - VISTA EXTERNA DOS ELEMENTOS DE CAPTAÇÃO DA LUZ.....	202
FIGURA 175 - GRELHA DE VENTILAÇÃO DOS BANHEIROS	202
FIGURA 176 - PISO DE PEDRA RADIANTE NAS ÁREAS SOCIAIS.....	203
FIGURA 177 - AR-CONDICIONADO EM UM DORMITÓRIO.....	203
QUADRO 15 - SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS NAS RESIDÊNCIAS ESTUDADAS	206
QUADRO 16 - RELAÇÃO ENTRE A ÁREA TOTAL DE SUPERFÍCIES EXTERNAS/ MORADOR	211

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNE DA SUÍTE, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	123
GRÁFICO 2 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNE DA SUÍTE, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	123
GRÁFICO 3 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO	124
GRÁFICO 4 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO	124
GRÁFICO 5 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	125
GRÁFICO 6 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	125
GRÁFICO 7 - LUZ DIFUSA PARA A JANELA DA COZINHA.....	129
GRÁFICO 8 - LUZ DIFUSA PARA A JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO	129
GRÁFICO 9 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	143
GRÁFICO 10 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	143
GRÁFICO 11 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DA SALA DE CONVÍVIO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	143
GRÁFICO 12 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DA SALA DE CONVÍVIO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	143
GRÁFICO 13 - LUZ DIFUSA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO.....	145
GRÁFICO 14 - LUZ DIFUSA PARA A JANELA DA SALA DE CONVÍVIO.....	145
GRÁFICO 15 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	159
GRÁFICO 16 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	159
GRÁFICO 17 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO DIA 22 DE FEVEREIRO.....	159
GRÁFICO 18 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA AS JANELAS DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	160
GRÁFICO 19 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA AS JANELAS DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	160

GRÁFICO 20 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA AS JANELAS DA SALA DE ESTAR, NO DIA 22 DE FEVEREIRO.....	161
GRÁFICO 21 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	163
GRÁFICO 22 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	163
GRÁFICO 23 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO DIA 22 DE FEVEREIRO.....	163
GRÁFICO 24 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO DIA 22 DE FEVEREIRO, SEM A PROTEÇÃO HORIZONTAL.....	164
GRÁFICO 25 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO DIA 22 DE FEVEREIRO, SEM O MURO LATERAL	164
GRÁFICO 26 - LUZ DIFUSA, SALA DE ESTAR, NO DIA 22 DE DEZEMBRO.....	164
GRÁFICO 27 - LUZ DIFUSA, DORMITÓRIO.....	166
GRÁFICO 28 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	179
GRÁFICO 29 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	179
GRÁFICO 30 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA FRONTAL (SSO) DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO	180
GRÁFICO 31 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA FRONTAL (SSO) DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO	180
GRÁFICO 32 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A PORTA-JANELA (NNE) DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO	180
GRÁFICO 33 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A PORTA-JANELA (NNE) DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO	180
GRÁFICO 34 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO JANTAR, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	181
GRÁFICO 35 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO JANTAR, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	181
GRÁFICO 36 - LUZ DIFUSA, DORMITÓRIO.....	182
GRÁFICO 37 - LUZ DIFUSA, PORTA-JANELA DA SALA DE ESTAR (NNE)	182
GRÁFICO 38 - LUZ DIFUSA, ABERTURA NA FACHADA FRONTAL DA SALA DE ESTAR (SSO)	182
GRÁFICO 39 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	196
GRÁFICO 40 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	196

GRÁFICO 41 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO SEM BEIRAL, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO.....	197
GRÁFICO 42 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO SEM BEIRAL, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO	197
GRÁFICO 43 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA SUPERIOR DA COZINHA (ENCOSTADA NA LAJE), NO SOLSTÍCIO DE INVERNO	198
GRÁFICO 44 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA SUPERIOR DA COZINHA (ENCOSTADA NA LAJE), NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	198
GRÁFICO 45 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA SOBRE A BANCADA DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO	199
GRÁFICO 46 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA SOBRE A BANCADA DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO.....	199
GRÁFICO 47 - LUZ DIFUSA PARA A JANELA SUPERIOR DA COZINHA (ENCOSTADA NA LAJE)	200
GRÁFICO 48 - LUZ DIFUSA PARA A JANELA SOBRE A BANCADA DA COZINHA.....	200
GRÁFICO 49 - LUZ DIFUSA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO.....	201

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	21
1.1.1	Questões Secundárias	21
1.2	OBJETIVO	21
1.2.1	Objetivos Secundários	21
1.3	PRESSUPOSTO	22
1.4	JUSTIFICATIVA	22
1.5	ESCOPO E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	25
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	26
2	CONFORTO AMBIENTAL E ADEQUAÇÃO DA ARQUITETURA AO CLIMA	27
2.1	CONFORTO TÉRMICO	28
2.2	ADEQUAÇÃO DA ARQUITETURA AO CLIMA	30
2.2.1	Arquitetura Bioclimática	30
2.2.2	Condicionamento natural das edificações	34
2.2.2.1	Radiação solar	34
2.2.2.2	Ventilação natural	35
2.2.2.3	Iluminação natural	36
2.2.2.4	Elementos de proteção solar	39
2.2.2.5	Uso de vegetação	40
2.3	CONTEXTO REGIONAL	41
2.3.1	Caracterização do clima de Curitiba	41
2.3.2	Condições de conforto no clima temperado	43
3	ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA, CLIMA E CONFORTO AMBIENTAL	46
3.1	HISTÓRICO DA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA	46
3.2	CARACTERÍSTICAS GERAIS	48
3.3	PESQUISA SOBRE O DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES DO PERÍODO MODERNO	51
3.4	CASOS DA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA RESIDENCIAL E O CONFORTO AMBIENTAL	59
3.4.1	João Batista Vilanova Artigas	60
3.4.2	Oswaldo Arthur Bratke	64
3.4.3	Affonso Eduardo Reidy	72
3.4.4	Rino Levi	75
3.4.5	Lúcio Costa	83
3.5	ARQUITETURA MODERNA NO PARANÁ	87
3.5.1	Surgimento da Arquitetura Moderna em Curitiba	87
3.5.2	Vilanova Artigas em Londrina	88
3.5.3	Centro Cívico Estadual	89
3.5.4	As residências projetadas por Ayrton Lolô Cornelsen	89
3.5.5	Arquitetura dos engenheiros-arquitetos	92
3.5.6	Criação do curso de Arquitetura da Universidade Federal do Paraná	94
3.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	95
4	MÉTODO DE PESQUISA	97
4.1	MÉTODO DE PESQUISA ADOTADO	97
4.1.1	Escolha do Método	97

4.1.2	Unidade de Análise	98
4.2	DEFINIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO	98
4.2.1	Crerios de seleção.....	98
4.2.2	Delimitação dos estudos de caso	100
4.3	PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS.....	100
4.3.1	Estudos piloto	100
4.3.2	Revisão da literatura.....	101
4.3.3	Coleta de Documentação	101
4.3.4	Leitura e análise do projeto arquitetônico.....	101
4.3.5	Entrevista com autores dos projetos	102
4.3.6	Observação direta	103
4.3.6.1	Planilha de coleta de dados	103
4.3.7	Questionário destinado aos usuários	104
4.4	ESTRATÉGIA DE VALIDAÇÃO	104
4.4.1	Validação Interna.....	104
4.5	ESTRATÉGIA DE ANÁLISE.....	104
4.5.1	As recomendações construtivas da NBR 15220 (ABNT, 2005)	105
4.5.2	O programa de simulação Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)	108
4.5.3	As considerações levantadas na fase de revisão bibliográfica.....	108
4.6	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	108
5	RESIDÊNCIAS MODERNAS EM CURITIBA	110
5.1	RESIDÊNCIA FREDERICO KIRCHGSSNER (1930).....	111
5.1.1	Análise.....	114
5.1.1.1	Implantação e orientação	116
5.1.1.2	Vedações	119
5.1.1.3	Aberturas.....	121
5.1.1.4	Incidência solar e sombreamento.....	122
5.1.1.5	Iluminação natural	127
5.1.1.6	Outros dispositivos	129
5.1.1.7	Uso de vegetação.....	130
5.1.2	Considerações finais	130
5.2	RESIDÊNCIA CLEUZA LUPION CORNELSEN (1949).....	131
5.2.1	Análise.....	137
5.2.1.1	Implantação e orientação	138
5.2.1.2	Vedações	139
5.2.1.3	Aberturas.....	141
5.2.1.4	Incidência solar e sombreamento.....	142
5.2.1.5	Iluminação natural	144
5.2.1.6	Dispositivos de apoio.....	145
5.2.1.7	Uso de vegetação.....	147
5.2.2	Considerações finais	148
5.3	RESIDÊNCIA JOÃO LUIZ BETTEGA (1952)	149
5.3.1	Análise.....	152
5.3.1.1	Implantação e orientação	154
5.3.1.2	Vedações	154
5.3.1.3	Aberturas.....	157
5.3.1.4	Incidência solar e sombreamento.....	158
5.3.1.5	Iluminação natural	164
5.3.2	Considerações finais	167
5.4	RESIDÊNCIA JOAQUIM FRANCO (1953).....	167

5.4.1	Análise.....	172
5.4.1.1	Implantação e orientação	174
5.4.1.2	Vedações	175
5.4.1.3	Aberturas.....	176
5.4.1.4	Incidência solar e sombreamento.....	179
5.4.1.5	Iluminação natural	181
5.4.2	Considerações finais	183
5.5	RESIDÊNCIA MÁRIO PETRELLI (1964).....	183
5.5.1	Análise.....	189
5.5.1.1	Implantação e orientação	190
5.5.1.2	Vedações	191
5.5.1.3	Aberturas.....	193
5.5.1.4	Incidência solar e sombreamento.....	195
5.5.1.5	Iluminação natural	200
5.5.1.6	Dispositivos de apoio.....	202
5.5.2	Considerações finais	203
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	205
6.1	CONCLUSÕES	205
6.2	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	210
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	212
	ANEXO	222
	APÊNDICE	224

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho visa responder à seguinte questão de pesquisa:

Como era tratada a questão do conforto térmico em residências do período modernista em Curitiba?

1.1.1 Questões secundárias:

- a) Como se procurava proporcionar aos ocupantes das residências ambientes confortáveis gastando o mínimo de energia, utilizando somente soluções arquitetônicas?
- b) As soluções criadas visando ao conforto ambiental são adequadas ao seu meio ambiente?

1.2 OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa consiste em identificar e analisar as medidas utilizadas no tratamento de aspectos de conforto térmico em residências do período modernista em Curitiba.

1.2.1 Objetivos secundários:

Esta pesquisa possui também os seguintes objetivos específicos:

- a) Avaliar como se proporcionava aos ocupantes das residências ambientes confortáveis utilizando somente soluções arquitetônicas;
- b) Avaliar se as soluções criadas visando ao conforto ambiental eram adequadas ao seu meio ambiente.

1.3 PRESSUPOSTO

O presente trabalho toma como pressuposto que:

- a) As residências do período modernista em Curitiba incorporavam soluções arquitetônicas para o tratamento do conforto térmico de forma passiva, reduzindo a necessidade de uso de energia artificial;
- b) Existia a preocupação em adequar a arquitetura ao seu meio ambiente.

1.4 JUSTIFICATIVA

Ao longo do desenvolvimento da história humana, está registrada a busca da proteção em relação às adversidades climáticas e, numa época mais recente, de condições de bem-estar e conforto físico satisfatórias. O clima é, portanto, um importante definidor do projeto e da construção da sua habitação.

A arquitetura moderna foi um momento de renovação criadora, e isto incluiu a redefinição de alguns aspectos importantes para o conforto das pessoas e da preocupação com o ambiente. Também na arquitetura moderna brasileira, em suas origens, esta preocupação pode ser verificada.

Há trabalhos acerca de pesquisas e memoriais descritivos de projetos arquitetônicos da época, em que se observa o estágio avançado de desenvolvimento de estudos de insolação e soluções passivas (GUTIERREZ e LABAKI, 2005). Considera-se que a primeira obra que apresentou soluções para a questão foi o edifício do Ministério da Educação e Saúde.

Entre os arquitetos brasileiros atuantes no período, pode-se destacar Lúcio Costa, Rino Levi, Oswaldo Bratke, Affonso Reidy e o paranaense João Batista

Vilanova Artigas. Na concepção de alguns de seus projetos verifica-se uma busca da compreensão das características climáticas do local e da geometria da insolação. Aliada a esse aspecto está a influência da arquitetura de Le Corbusier, cujas teorias enalteciam a abertura dos edifícios para o exterior para penetração do ar, da luz e contato com a natureza (BRUAND, 1981).

No entanto, com a evolução da arquitetura para o chamado “estilo internacional”, que continha aspectos universalizantes, estratégias antes utilizadas para adequar a arquitetura ao meio físico passaram a ser utilizadas indiscriminadamente, sendo ineficazes em sua maioria (ALMODÓVAR, 2004). Há estudos que demonstram que elementos como os *brises-soleil*, que têm em sua concepção original a função de propiciar melhores condições de conforto ambiental, passaram a ser muitas vezes utilizados estritamente como elementos de composição formal (RUSSO, 2004 citada por GONÇALVES e DUARTE, 2006)¹.

Em acréscimo, a energia, abundante e de custo baixo, mantinha em funcionamento sistemas de condicionamento artificial que possibilitavam que a mesma arquitetura de caixas de vidro fosse implantada em diferentes lugares do mundo, sem considerações acerca das condições climáticas locais (SZABO, 2005). De acordo com Banham (1984), os arquitetos modernos estavam tão preocupados com a questão estrutural que pareciam não observar que plantas livres e integração do espaço interno com o externo com a utilização de amplas superfícies de vidro resultariam em um gasto de energia considerável para se obter o controle do ar. Foram incorporados às edificações, de forma indiscriminada, sistemas de ar-condicionado e iluminação artificial, que dispensavam a preocupação com a adequação da arquitetura ao clima local.

A partir da crise do petróleo ocorrida na década de 1970, a preocupação com o consumo energético tornou-se expressiva e também afetou a arquitetura.

Anos antes, em meados dos anos 1960, surgia o interesse pela arquitetura bioclimática que relaciona o estudo das condições climáticas locais aplicado à arquitetura, buscando satisfazer as condições de conforto humanas nas edificações.

O conhecimento científico sobre o assunto, acumulado desde então, é abrangente e desenvolveu um campo técnico consolidado. Porém, observa-se que

¹ RUSSO, Filomena. **Climatic responsive design in Brazilian Modern Architecture. 2004.** Dissertation (Master) - Martin Centre for Architectural and Urban Studies, University of Cambridge, Cambridge, 2004.

tal conhecimento não influenciou de modo eficaz a prática projetual dos profissionais, indicando a existência de uma lacuna (MACIEL, 2006).

No Brasil, com a crise no fornecimento de energia elétrica em meados de 2001, a preocupação com a redução do consumo de energia é retomada. A partir de então, volta-se novamente o interesse para a eficiência energética das edificações. Deste modo, esta pesquisa se insere nas discussões atuais, ao examinar soluções arquitetônicas para o tratamento do conforto ambiental que visam maior adequação do ambiente construído ao seu meio ambiente e maior eficiência energética.

A indústria da construção civil é a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. Atualmente, pesquisas visando reduzir os impactos ambientais das edificações têm sido desenvolvidas em diversos países, estimuladas por agências do governo, instituições de pesquisa e pelo setor privado (SILVA, V.; SILVA, M.; AGOPYAN, 2003).

No âmbito nacional, estudos estão sendo desenvolvidos para definir uma metodologia de avaliação ambiental brasileira para o setor residencial (TRIANA; LAMBERTS, 2007). Relativos ao tema eficiência energética, fazem parte dos parâmetros que estão sendo considerados nesta metodologia: o desempenho térmico, o aproveitamento da iluminação natural e o uso de outras estratégias bioclimáticas. Nesse sentido, o projeto de edificações que incorpora soluções passivas para proporcionar conforto torna-se relevante e pode ser uma forma de contribuir para a eficiência energética e redução dos problemas ambientais.

No cenário internacional, há muitos casos de projetos arquitetônicos que visam menor impacto ambiental. No Brasil, estes casos ainda são raros e numericamente inexpressivos em comparação com exemplos opostos. No entanto, Gonçalves e Duarte (2006) relatam que no âmbito nacional, casos recentes têm surgido tendo por base exigências referentes ao conforto ambiental, à eficiência energética, além de outros aspectos da sustentabilidade. O concurso realizado pela Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobrás) em 2004, para elaboração do projeto arquitetônico do novo Centro de Pesquisas (CENPES II), na cidade do Rio de Janeiro, tem um papel histórico no contexto da arquitetura e construção nacional. O edital do concurso apresentou, pela primeira vez no Brasil, questões de sustentabilidade na arquitetura. Ao todo, dez tópicos de caráter eliminatório, entre os quais oito deles dizem respeito a aspectos de conforto ambiental e eficiência energética (GONÇALVES e DUARTE, 2006).

Além da economia de energia e redução do impacto ao meio ambiente, há a consideração fundamental da finalidade da arquitetura – atender as necessidades humanas. Sob este enfoque, seu objetivo maior é o bem-estar dos indivíduos, ou seja, atingir o conforto psicofísico e social daqueles que utilizam tal espaço.

Apesar de existirem numerosos estudos com o enfoque no conforto ambiental de edificações residenciais, poucos abrangem a região onde se situa a cidade de Curitiba, subtropical de clima temperado. Neste caso, um número significativo de horas do ano está fora da zona de conforto, havendo necessidade de aumento da proteção proporcionada pelo invólucro construtivo bem como de acesso à insolação (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Em vista disso, o objetivo do presente estudo é identificar e analisar as medidas utilizadas no tratamento de aspectos de conforto térmico em residências do período moderno nessa cidade. Com esta pesquisa pretende-se contribuir para o aperfeiçoamento das soluções arquitetônicas para o conforto ambiental, visando valorizar o uso de estratégias passivas na arquitetura que dispensam o uso de aparatos mecânicos. Também pretende-se mostrar o papel dos arquitetos atuantes no período moderno em Curitiba no desenvolvimento de uma arquitetura adequada ao clima e ao meio físico de modo a proporcionar bem-estar ao usuário da edificação.

1.5 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A base de dados do estudo constitui-se de residências surgidas no período modernista na cidade de Curitiba, Paraná.

O estudo está delimitado às soluções arquitetônicas para o tratamento do conforto térmico, utilizadas nas residências visando o conforto ambiental de forma passiva. A unidade de análise são as residências.

Foram selecionadas cinco obras residenciais representativas do período modernista, surgidas entre 1930 e 1965 na cidade de Curitiba.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente capítulo apresenta a introdução ao trabalho, em que são descritos: o problema de pesquisa, os objetivos, a hipótese, as justificativas, o método de pesquisa utilizado, a delimitação da pesquisa e a estrutura da dissertação.

O Capítulo 2 é composto pela primeira parte da fundamentação teórica. Abrange o conforto ambiental e a arquitetura bioclimática.

O terceiro capítulo trata da segunda parte da revisão bibliográfica, que aborda a arquitetura moderna brasileira e sua relação com o clima e conforto ambiental.

O Capítulo 4 traz o método de pesquisa adotado, com uma descrição do método justificando sua escolha e definição de um protocolo de coleta de dados.

No Capítulo 5 são apresentados os resultados e as análises dos estudos de caso.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

2 CONFORTO AMBIENTAL E ADEQUAÇÃO DA ARQUITETURA AO CLIMA

Vianna e Gonçalves (2004, p.4) definem conforto como “a interpretação por meio de sensações (inclusive com caráter subjetivo, de difícil avaliação), de estímulos físicos, objetivos e facilmente mensuráveis.” Nesse entendimento, o conforto é uma interpretação sensorial do homem frente a determinados estímulos físicos, não sendo possível, portanto, uma distinção entre experiência sensorial e emocional.

Olgyay (1998) considera a casa como o principal instrumento em que as exigências de conforto adequadas podem ser satisfeitas. Para o autor, o critério ideal para o desenho de uma edificação em equilíbrio em relação ao seu meio ambiente seria o que abrangesse de modo satisfatório todas as necessidades fisiológicas humanas.

Schmid (2005) também argumenta em favor do conforto como um sistema de valores que predomina na casa – entendida como abrigo, o espaço que acolhe, onde a qualidade mais importante parece ser o conforto. Propõe a separação da moradia e outras funções ao focar o conforto ambiental pois, segundo ele, as demais tipologias possuem outros valores de superior importância.

Para Schmid (2005), é usual no ambiente acadêmico que na disciplina Conforto Ambiental o desempenho da casa seja considerado como o resultado da soma de funções passíveis de serem medidas: temperatura, umidade, nível de intensidade sonora. E afirma que a satisfação humana não é compatível com um modelo numérico, não sendo possível sob seu ponto de vista explicar o conforto com valores definidos de forma precisa. O autor se apóia no entendimento de conforto utilizado na área de enfermagem, pelas autoras Kolcaba e Wilson (2002), no qual o contexto ambiental do conforto é parte de um todo, ao lado dos contextos corporal, psico-espiritual e sócio-cultural.

Vianna e Gonçalves (2004) complementam este pensamento, colocando que o arquiteto projeta para o homem e por tal motivo, seu objetivo maior é o bem-estar dos indivíduos, ou seja, atingir o conforto psicofísico e social daqueles que utilizam tal espaço.

Neste contexto,

o conforto é função da relação que o homem estabelece com seu meio ambiente, relação esta que é dependente daquilo que o meio possibilita ao indivíduo em termos de luz, som, calor, uso do espaço e das experiências próprias de cada pessoa, experiências que, por sua vez vão também orientar suas respostas aos estímulos recebidos, suas necessidades e aspirações. (VIANNA; GONÇALVES, 2004, p.83).

2.1 CONFORTO TÉRMICO

Condições adequadas de conforto térmico nos edifícios são fundamentais para garantir aos seus usuários saúde, bem-estar e conforto (GIVONI, 1969).

Segundo a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), standard 55-2004, conforto térmico é o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico e é analisado por avaliação subjetiva. Ou seja, as condições ambientais para a obtenção de conforto térmico não são as mesmas para todas as pessoas, devido ao fato de haver variações tanto psicológicas como fisiológicas.

No entanto, há uma quantidade de estudos realizados, no intuito de definir condições em que uma porcentagem de ocupantes de um ambiente considerem a condição de satisfação térmica (OLGYAY e OLGAY, 1963; FANGER, 1982; GIVONI, 1992).

As variáveis que mais têm influência na condição de conforto térmico são: temperatura do ar, nível de atividade (produção de calor no corpo), vestuário, temperatura radiante, velocidade e umidade do ar (FANGER, 1982).

Segundo Corbella e Yannas (2003), um ambiente físico confortável para uma pessoa é relacionado ao sentimento de neutralidade em relação a ele. Por neutralidade entende-se a condição em que uma pessoa não sente a necessidade de um ambiente mais frio ou mais aquecido (FANGER, 1982).

Schmid (2005) busca na sua pesquisa demonstrar que conforto não se limita à neutralidade pela simples eliminação de fatores indesejáveis. O autor aprofunda a discussão, buscando uma abordagem holística de conforto que supera a linha de neutralidade.

Considerando-se o ponto de vista térmico, Olgyay (1998) afirma que o objetivo do projeto de um edifício consiste na obtenção de um ambiente interior cujas condições se encontrem muito próximas às de conforto. E explica que tanto o planejamento quanto o sistema construtivo de uma edificação devem considerar as potencialidades do meio para melhorar as condições nos ambientes internos, no intuito de evitar a utilização de sistemas de condicionamento mecânicos.

Essa mesma abordagem é utilizada por vários outros autores. Ênio Cruz da Costa (1982) argumenta que na maior parte do Brasil, é possível que o condicionamento térmico de edificações residenciais seja feito por meios naturais, com o uso de técnicas construtivas que visem o aproveitamento das condições do meio físico para o condicionamento ambiental.

A insolação, as variações diárias de temperatura e as variações anuais de temperatura são fatores que influenciam as condições de conforto térmico. A variação da temperatura interna de uma edificação está relacionada a alguns fatores enunciados por Costa (1982):

- a) a insolação contribui substancialmente com o calor que penetra na edificação, principalmente através das superfícies transparentes e da cobertura;
- b) o calor interno gerado pelos usuários e equipamentos,
- c) as trocas térmicas por transmissão de calor através do invólucro construtivo;
- d) as trocas térmicas propiciadas pela ventilação - de aquecimento ou resfriamento.

A transferência de calor nas edificações pode ser através de condução, convecção, radiação e evaporação - ou condensação. Olgyay (1998) caracteriza os componentes da edificação em relação aos incrementos desfavoráveis de calor. Segundo ele, os que permitem a maior entrada de calor na edificação são as superfícies envidraçadas das janelas. Por tal motivo, ao proporcionar-lhes sombra, aumenta-se a proteção. O segundo componente é a cobertura, seguida da infiltração e da condução através das janelas.

2.2 ADEQUAÇÃO DA ARQUITETURA AO CLIMA

O tratado de Vitrúvio é o primeiro registro do qual se tem conhecimento que aborda a questão da adequação da arquitetura ao clima (VITRUVIO, 2002). Datado de 1 a.C, o texto está reunido em dez livros com uma reflexão ampla sobre arquitetura, e foi largamente divulgado entre arquitetos de várias gerações. No sexto livro há recomendações para que as edificações de cada região tenham suas próprias características, de acordo com o clima local e com a trajetória solar.

Frota e Schiffer (1988), afirmam que adequar a arquitetura ao clima onde está inserida significa construir espaços que proporcionem condições de conforto ao homem. Segundo as autoras, a edificação tem a função de amenizar sensações de desconforto em situações de climas severos e também possibilitar que os ambientes sejam confortáveis.

Lamberts, Dutra e Pereira (1997, p.28) definem o clima como “a condição média do tempo em uma dada região, baseada em medições”.

De acordo com Mascaró (1985), o clima é “a feição característica e permanente do tempo, num lugar, em meio a suas infinitas variações”. A autora amplia essa definição descrevendo os fatores que fazem parte de sua composição, sendo eles estáticos e dinâmicos. Dos fatores estáticos fazem parte a posição geográfica e relevo; dos dinâmicos a temperatura, umidade, movimento do ar e radiação. A ação simultânea desses fatores terá influência no ambiente construído.

2.2.1 Arquitetura Bioclimática

O conceito de bioclimatologia ou projeto bioclimático foi consolidado na década de 1960 pelos irmãos Olgyay, relacionando o estudo das condições climáticas locais aplicado à arquitetura, buscando satisfazer as condições de conforto humanas nas edificações.

Yeang (1996) define a bioclimatologia como o estudo da relação entre clima e vida, particularmente dos efeitos do clima na saúde e atividade dos seres vivos. No projeto de edificações, essa abordagem enfoca a forma arquitetônica e seu desempenho ambiental em relação ao clima do lugar. Dessa maneira, a expressão arquitetônica é enriquecida pela compreensão dos aspectos ambientais do local, ao mesmo tempo em que a dependência de fontes não-renováveis de energia é reduzida com o uso da abordagem bioclimática.

O termo arquitetura bioclimática se refere às edificações que consideram as condições climáticas locais e adotam tecnologias de condicionamento passivo, no intuito de obter melhorias na eficiência energética² (TZIKOPOULOS *et al.*, 2005). Consiste ainda na utilização da tecnologia baseada na aplicação correta dos elementos arquitetônicos, visando otimizar o conforto higrotérmico do ambiente construído com baixo consumo energético (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Segundo Yannas (1994, p.9) *“The main objective of a climate-sensitive, environment-conscious approach to building design is to provide a high standard of comfort and environmental quality with the minimum use of conventional energy sources”*.

Olgyay (1998) classifica como climaticamente equilibradas as estruturas que, em um ambiente determinado, reduzem os gastos de energia desnecessários e aproveitam todos os recursos naturais em favor do conforto humano. Para o autor, é possível que uma casa seja muito confortável e tenha baixo custo de manutenção por meio da redução da necessidade de condicionamento mecânico.

Mascaró (1985) confirma que, além da economia de energia, a edificação projetada para o clima em que se insere traz o benefício do conforto aos usuários.

Corbella e Yannas (2003, p.37) apresentam o objetivo da arquitetura bioclimática como sendo proporcionar um ambiente “com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que minimize o consumo de energia convencional e precise da instalação da menor potência elétrica possível”.

Rahal (2006) coloca que esta definição não precisaria do termo “bioclimática”, pois tais princípios são parte do significado próprio da arquitetura. A autora

² Pode-se entender a eficiência energética como “a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia.” (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p.14)

exemplifica com a obra de alguns arquitetos modernos brasileiros, que buscavam adequar as novas tecnologias à realidade e ao clima brasileiro.

Para se ter uma edificação climaticamente equilibrada, faz-se necessário o estudo de algumas variáveis antes do início do projeto arquitetônico. O método apresentado por Olgyay (1998) compreende quatro etapas. O processo se inicia com o estudo dos dados climáticos do local. Em seguida é efetuada uma avaliação biológica, ou seja, das sensações humanas em relação aos diversos elementos climáticos. Para tanto se utiliza a carta bioclimática, que poderá ser usada para obter subsídios para recuperar o grau de conforto adequado em qualquer data do ano. Após essa avaliação, são analisadas quais as soluções tecnológicas adequadas para cada situação de conforto climático, buscando otimizar sua aplicação. Isso feito, a etapa de projeto arquitetônico se inicia, visando responder aos requisitos levantados anteriormente.

Para Izard e Guyot (1983), no momento da concepção do projeto de uma edificação com enfoque bioclimático, é necessário considerar: elementos do clima e do micro-clima do local, elementos do local, dados do meio urbano e elementos arquitetônicos. Os autores dividem em etapas a concepção arquitetônica, sendo elas:

- a) escolha das orientações;
- b) forma da edificação;
- c) aspectos térmicos (superfície do envelope, cobertura, distribuição dos compartimentos, espaços-tampão, uso da massa térmica do solo);
- d) forma e movimento dos fluxos de ar exteriores;
- e) estruturas e materiais (disponibilidade e técnicas de construção locais);
- f) aberturas e sistemas de proteção solar (fixos e/ou móveis);
- g) dispositivos auxiliares (sistemas mecânicos de condicionamento).

De acordo com Izard e Guyot (1983), a utilização dos conceitos da arquitetura bioclimática pode ser um meio de tratar forma, matéria e energia como elementos complementares.

Mascaró (1985) afirma que além dos fatores climáticos, outros são importantes definidores do ambiente construído, sendo eles sociais, econômicos e urbanísticos. Acrescentam-se ainda fatores culturais e históricos.

O conhecimento da previsão da carga térmica que será gerada no interior de uma edificação é relevante no início do processo de projeto arquitetônico, pois

influencia nas decisões referentes ao partido arquitetônico a ser adotado. São as exigências funcionais e humanas, consideradas para os diferentes tipos de clima, que vão determinar a carga térmica interna (FROTA e SCHIFFER, 1999). As fontes de calor compreendem: presença humana, sistemas de iluminação artificial, motores e equipamentos, processos industriais e calor solar.

Segundo Stagno (2004), a participação ativa dos usuários de edifícios bioclimáticos é fundamental para acionar os sistemas de condicionamento naturais e mecanismos bioclimáticos e ajustar o micro-clima interno ao seu bem-estar. Esta atitude pode demandar o treinamento aos usuários, de modo a demonstrar como manipular os elementos capazes de controlar de forma passiva as variáveis ambientais.

Entretanto, é possível que em condições climáticas severas não se obtenha um desempenho térmico ideal da edificação somente com a utilização de recursos naturais (FROTA e SCHIFFER, 1988). Ainda assim, a utilização de soluções arquitetônicas que visam otimizar o desempenho térmico apresenta o benefício da redução da energia necessária para a obtenção do conforto dos usuários.

Há que se considerar ainda que a utilização de estratégias passivas provoca uma maior exposição do ambiente interno e seus usuários às condições externas do ambiente. Assim, os problemas de ruído urbano e poluição podem impedir o uso de estratégias passivas em um projeto. Nestes casos há mais facilidade em se resolver a iluminação natural do que a ventilação natural (GONÇALVES e DUARTE, 2006).

Tombazis (1995) aponta para as dificuldades por parte dos profissionais da área de projeto em integrar os conceitos de projeto bioclimático na sua prática profissional. Ressalta que há desinteresse por parte dos arquitetos por tudo o que é mais exato, bem como há falta de compreensão das leis básicas da física. Soma-se a isso a crença de que limitações ao projeto são restrições à criação e, portanto, algo a ser evitado. No entanto, Tombazis afirma que a arquitetura é justamente um exercício de resolução de problemas e são as limitações que tornam o processo mais interessante e criativo.

2.2.2 Condicionamento natural das edificações

2.2.2.1 Radiação solar

A radiação solar é fonte de calor e de luz. Portanto, é necessário contemplar de forma conjunta os fenômenos térmicos e visuais de uma edificação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997; ALMODÓVAR, 2004; MASCARELLO, 2005). A radiação solar é um dos fatores que mais influencia o ganho térmico nas edificações e é função da intensidade da radiação solar incidente e das características térmicas dos materiais da edificação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997; FROTA e SCHIFFER, 1999).

No verão, a insolação é uma importante causa de desconforto térmico nas edificações. A proteção das paredes, onde o efeito da insolação usualmente é menor, pode ser feita: com pintura de cores claras; sombreamento por meio de vegetação ou dispositivos de proteção solar; com isolamento utilizando-se materiais isolantes pelo lado de fora; com a adoção de paredes de grande capacidade calorífica para amortecer as variações de temperatura exterior e com ventilação para eliminação do calor interno. As coberturas podem ser protegidas com a utilização de forro, telhas claras, isolantes térmicos e de materiais de grande inércia térmica (COSTA, 1982).

Para a situação de inverno, pode-se buscar o aproveitamento máximo da insolação também com o uso de materiais de grande capacidade calorífica para amortecer as variações de temperatura exterior e materiais isolantes térmicos para proteção do exterior, visando manter o calor interno e reduzir a condensação na face interna das paredes externas da edificação (COSTA, 1982).

Segundo Olgyay (1998), a localização da proteção solar em relação à superfície envidraçada, para o lado interno ou externo, influenciam o seu desempenho. De acordo com o autor, em geral a proteção solar localizada no exterior da edificação apresenta uma efetividade cerca de 35% maior. Para outros elementos como cortinas e persianas, a cor e o material são fatores relevantes na eficácia do sombreamento.

2.2.2.2 Ventilação natural

A ventilação dos locais habitados é necessária para a manutenção das condições de higiene, para proporcionar conforto térmico nos meses de verão e para resfriar os espaços internos do edifício, por meio das trocas térmicas entre o ar e as paredes (IZARD e GUYOT, 1983).

Com a ventilação, também, é propiciada a renovação do ar dos ambientes, provocando a dissipação de calor e a desconcentração de vapores, fumaças e poluentes (FROTA e SCHIFFER, 1999). Dessa forma, as condições de ventilação do ambiente interno têm influência direta na saúde, conforto e bem-estar do ocupantes (YEANG, 1996).

No caso da habitação, as exigências relativas à ventilação para higiene dos usuários se referem à: quantidade de oxigênio necessária à reposição, limitação da taxa de gás carbônico, eliminação dos odores desagradáveis, eliminação dos riscos de contaminação por gases tóxicos - como o monóxido de carbono - e à quantidade de oxigênio necessária para o corpo humano realizar o metabolismo (IPT, 1988).

Segundo Frota e Schiffer (1999, p.124), “A ventilação natural é o deslocamento do ar através do edifício, através de aberturas, umas funcionando como entrada e outras, como saída”. Ou seja, é necessário que a dimensão e posição das aberturas sejam definidas de modo a proporcionar um fluxo de ar adequado ao ambiente em questão.

Por sua vez, o fluxo de ar que entra ou sai da edificação depende de alguns fatores: da diferença de pressão do ar entre os ambientes internos e externos, da resistência ao fluxo de ar oferecida pelas aberturas e pelas obstruções internas, além de implicações relacionadas à incidência do vento e forma da edificação (FROTA e SCHIFFER, 1999).

A ventilação natural pode ser feita por meio da ação dos ventos ou do chamado efeito chaminé. A ventilação por ação dos ventos promove a movimentação do ar através do ambiente. Já por efeito chaminé ocorre pelo efeito da diferença de densidade.

Olgay (1998) acrescenta outros fatores de que depende o aproveitamento da ventilação natural:

- a) a orientação do edifício;

- b) o entorno, ao se criar zonas de baixa e alta pressão;
- c) a localização das entradas na zona de alta pressão e das saídas na zona de baixa pressão;
- d) a utilização de pequenas entradas e grandes saídas;
- e) entradas que direcionem o fluxo de ar para as zonas de atividade;
- f) a planta livre, sem elementos que sejam um obstáculo ao fluxo interior.

Para a ventilação nos meses de verão, Costa (1982) sugere a utilização de ar tomado de uma face sombreada, onde haja sombra da vegetação ou ar refrigerado pelo solo.

2.2.2.3 Iluminação natural

Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1980, p.11) definem a luz fazendo uma distinção entre os aspectos humanos, subjetivos e a medição física e objetiva: “a luz é uma manifestação visual da energia radiante e, conseqüentemente, está intimamente relacionada com as sensações humanas.” Complementam esta definição em termos físicos, definindo a luz como “a banda da energia radiante situada entre determinados comprimentos de onda, que pode ser medida sem a ajuda dos órgãos visuais humanos.”

Vianna e Gonçalves (2004) colocam que o problema da iluminação natural das edificações está em relacionar de forma adequada as seguintes variáveis – clima, percepção e exigências humanas e funcionais e, por fim, a edificação.

Para Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1980), no projeto de iluminação de espaços internos estão relacionados eficiência visual, conforto visual e satisfação estética. Considerando-se quantidade e qualidade, a iluminação de espaços internos é uma função tanto do tamanho, formato e colocação das janelas como das propriedades de reflexão das superfícies interiores. Os autores consideram que as principais funções de uma janela são proporcionar a visão do espaço externo e permitir a penetração da luz no interior da edificação, em quantidade e distribuição que resultem satisfatórias. Considera-se que um bom projeto de iluminação natural consiste:

na colocação de janelas de tal modo que a luz penetre onde ela é desejada, isto é, sobre o trabalho, e de tal maneira que proporcione uma boa distribuição de luminância em todos os planos do interior. (HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE, 1980, p. 26).

Porém, os autores afirmam que quando do projeto arquitetônico, não basta ampliar a área das janelas para maior captação de luz, pois:

- a) considerando-se a mesma área, o vidro conduz mais calor que outros materiais;
- b) há o problema do ruído urbano, proveniente do tráfego, construções, aeroportos, entre outros;
- c) a incidência de sol pode gerar calor excessivo no espaço interno;
- d) o custo do vidro, relacionado às dimensões das aberturas, tende a ser mais alto em comparação com uma área de parede equivalente.

A quantidade e a qualidade da iluminação interior não dependem somente da janela – depois de a luz penetrar em um ambiente, ela é refletida pelas superfícies interiores com características que dependem das propriedades de reflexão destas superfícies. Em um espaço com paredes, teto e piso escuros, pouca luz irá atingir quaisquer pontos. Se, ao contrário, as superfícies forem de cores claras, a luz direta incidente sobre as superfícies interiores será refletida por outras superfícies, iluminando de forma completa o espaço. Ocorre ainda a redução de contrastes, pois superfícies sombreadas passam a ser iluminadas (HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE, 1980).

Já a disponibilidade de luz sob céu claro é diretamente influenciada pela orientação dos planos verticais das fachadas. Voltadas para as áreas do céu por onde o Sol faz sua trajetória, estão direcionadas para as áreas mais brilhantes e tendem a receber intensidades luminosas maiores e por períodos mais longos do dia (VIANNA e GONÇALVES, 2004).

Para Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1980) em dias nublados o céu não apresenta qualquer brilho preferencial na direção onde o sol faz sua trajetória. Segundo os autores, a prática corrente para o projeto de iluminação natural em climas temperados e úmidos, consiste em não relacionar a orientação com a dimensão das janelas, considerando-se o céu com uma luminância uniforme ou com uma distribuição simétrica de luminância ao redor do zênite.

Para os locais de habitação, são definidos por Vianna e Gonçalves (2004) os critérios de desempenho de iluminação natural, em função do uso do espaço e das exigências humanas e funcionais, sendo eles:

- a) níveis mínimos de iluminância para cada atividade, estabelecidos pela NB 5.413 da ABNT;
- b) não incidência direta de sol para as atividades visuais de acuidade média;
- c) uniformidade máxima entre dois pontos quaisquer do local.

Segundo Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1980), a iluminação natural em residências tem um caráter diferente de um local de trabalho. Enquanto que em uma fábrica é adequado que a iluminação seja uniforme, em uma residência tal uniformidade pode não ser agradável, pois, em uma residência é agradável ter algumas áreas bem iluminadas e outras nem tanto.

Em uma sala de uma residência há a possibilidade de distribuir a mobília de acordo com a necessidade dos usuários – para refúgio, por exemplo; o trabalho pode ser levado para a proximidade de uma janela para que a luz necessária seja obtida e, ao mesmo tempo, manter a privacidade dada pelo fundo da sala.

Para cada ambiente da habitação, Vianna e Gonçalves (2004) fazem um detalhamento qualitativo maior, em que são consideradas todas as sub-áreas do Conforto Ambiental. Observa-se que, para os autores, na maioria dos espaços não há necessidade de a iluminação apresentar características especiais para as funções comumente aí desempenhadas. Considerando-se o dormitório não há necessidade de a iluminação apresentar características especiais para as funções comumente desempenhadas neste ambiente – dormir e estar. Quando outras funções como leitura e escrita são desenvolvidas, é exigido um maior nível de iluminância (lux) no plano de trabalho e a não incidência de sol direto. Para o espaço da sala, valem as observações semelhantes às do quarto. Na cozinha o nível de iluminação geral é baixo, havendo necessidade de um nível maior em pontos específicos, muitas vezes complementado pela iluminação artificial. Para banheiro e área de serviço, não há requisitos especiais.

No entanto, é possível que condições especiais sejam necessárias na iluminação de ambientes na habitação. No dormitório, o escuro pode ser desejável mesmo durante o dia e sua obtenção depende do uso de dispositivos como venezianas e cortinas, entre outros. No caso da cozinha, pode-se considerar que o nível de reprodução de cor alto auxilia no bom desempenho da função de preparar

alimentos, por exemplo. Para tanto, é necessário o planejamento do sistema de iluminação do espaço. Ainda, para se olhar no espelho do banheiro adequadamente, é necessário iluminar o rosto a partir da sua frente e não de cima, o que exige pensar em uma solução especial.

2.2.2.4 Elementos de proteção solar

Segundo Frota (2004, p.163):

o *brise-soleil*, ou quebra-sol, representa um dispositivo cuja função é sombrear, com o objetivo de reduzir a incidência de Sol sobre uma construção, ou sobre espaços exteriores, de modo a obter-se melhores condições de temperatura e controle de incidência de luz solar, que pode provocar problemas tanto de iluminação – contrastes e ofuscamentos – e de sobreaquecimento, como de deterioração/ fotodegradação de objetos expostos.

Com isso, representa um recurso que pode auxiliar na redução do uso de energia com sistemas de condicionamento térmico artificiais como o ar-condicionado. Ainda, tem importância variável enquanto elemento de composição plástica.

Usualmente, é utilizado para proteção de superfícies envidraçadas, como elemento de controle da radiação solar que atravessa tais materiais. Mas seu desempenho pode ser eficaz quando colocado diante de paredes e superfícies opacas (FROTA, 2004).

O efeito da proteção solar em superfícies de vidro depende de vários fatores inter-relacionados (OLGYAY, 1998): da reflexão da radiação solar no material, importando sua cor; da localização da proteção e da utilização ordenada do método aplicado para produzir sombra.

Os elementos de proteção solar podem ser fixos ou móveis, instalados no lado externo da janela, entre dois vidros ou no lado interno. No entanto, a proteção solar externa tem maior eficácia, funcionando como um anteparo para a radiação solar. Em seguida, em grau de eficiência, está a proteção entre dois vidros e depois a proteção solar interna como por exemplo cortinas, persianas e vidros reflexivos (COSTA, 1982; FROTA, 2004). O motivo disto é o chamado efeito-estufa: os vidros são menos transparentes à radiação de ondas longas que o interior do edifício emite;

se as cortinas e persianas não forem altamente reflexivas, irão absorver calor solar e emitir ondas longas, que são retidas pelo vidro.

A proteção das superfícies transparentes também pode ser feita com o sombreamento gerado pelo uso de vegetação (COSTA, 1982).

Há alguns aspectos a serem observados para que o *brise* seja mais eficiente (FROTA, 2004):

- a) existência de uma distância de, no mínimo, 30 cm entre o corpo da edificação e o dispositivo de proteção, para atenuar o efeito da radiação e proporcionar a ventilação deste espaço, além de reduzir o calor transmitido por condução;
- b) tanto por razões relacionadas à iluminação quanto térmicas, é adequado que a face do *brise* onde incide o sol seja de cor clara, se possível feita de material isolante térmico e ainda, que o acabamento da superfície da face oposta seja de baixa emissividade térmica. Com isso, a cor clara da face externa atenua o sobre-aquecimento e o material isolante transmite pouco do calor absorvido para o lado interno do *brise*.

Maragno (2000) considera o *brise-soleil* um dispositivo de proteção solar de alto desempenho para propiciar conforto térmico e lumínico aos espaços interiores e seus usuários. Os *brises* são também elementos relevantes na composição plástica das edificações que, segundo o autor, não têm sido estudado satisfatoriamente tanto por arquitetos como por pesquisadores. Em seu estudo verificou-se que a utilização de tais dispositivos permite, em muitos casos, dispensar o uso de sistemas artificiais de condicionamento térmico ou reduzir a carga necessária dos equipamentos, tendo como consequência economia de energia.

2.2.2.5 Uso de vegetação

A vegetação contribui para a melhora do ambiente físico. As árvores, por exemplo, podem reduzir os ruídos, atuar como um filtro de ar captando a poeira, atuar como elementos de proteção solar e ainda como elementos de proteção visual (OLGYAY, 1998). Na escolha das espécies é necessário considerar a forma e as suas características durante o ano, tanto no período de verão quanto de inverno.

O estudo de Stagno (2004) evidencia a influência do paisagismo para ajustar o micro-clima dos edifícios bioclimáticos – por exemplo, criando sombras, reduzindo a carga térmica e a temperatura do ar e possibilitando o aumento da evaporação.

A vegetação pode ser usada para complementar o sombreamento de uma abertura, quando o uso de proteção solar não for suficiente. Há casos em que a incidência de sol se dá quase perpendicularmente à fachada. Para a proteção solar de aberturas nestas condições, possivelmente seria necessário obstruí-las, bloqueando também a luz natural. Uma solução poderia ser o uso de árvores com folhas caducas que, além de sombrear a abertura sem bloquear a luz natural, possibilitaria a incidência solar no período de inverno com a queda das folhas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

2.3 CONTEXTO REGIONAL

2.3.1 Caracterização do clima de Curitiba

A cidade de Curitiba está localizada em região subtropical de clima temperado, na latitude 25°25' e longitude 49°16'. De acordo com a classificação de Köppen, seu clima é do tipo Cfb - clima temperado úmido com verões brandos. Este clima é caracterizado pela existência de duas estações do ano bem definidas, o inverno e o verão. Na classificação do Zoneamento Bioclimático Brasileiro da norma NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005), caracteriza-se como Zona Bioclimática 1.

Curitiba apresenta média mensal de temperatura do ar mais elevada em dezembro (24,5°C) e mais baixa em julho (7,4°C). Ob serve-se ainda que em um mesmo mês, no decorrer de todo o ano, a amplitude térmica é em média 10°C (QUADRO 1).

Média	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
TBS _{máx}	22,5	26,0	25,9	25,0	22,6	20,8	19,0	18,9	20,5	21,6	21,9	23,8	24,5
TBS _{mín}	12,0	15,8	16,4	15,4	12,7	9,0	7,7	7,4	8,5	10,7	12,1	13,7	15,1

QUADRO 1 - TEMPERATURAS MÉDIA DAS MÁXIMAS E MÉDIA DAS MÍNIMAS (°C) PARA A CIDADE DE CURITIBA

FONTE: GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. (1998), p. 77

A partir da carta solar é possível ter uma idéia visual sobre a insolação incidente em uma fachada (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997) :

- pela análise da altura e do azimute solar é possível verificar quando o sol está incidindo diretamente em uma fachada;
- o ângulo de incidência solar, que influencia na quantidade de calor e de luz solar direta que entra pela abertura, pode ser identificado.

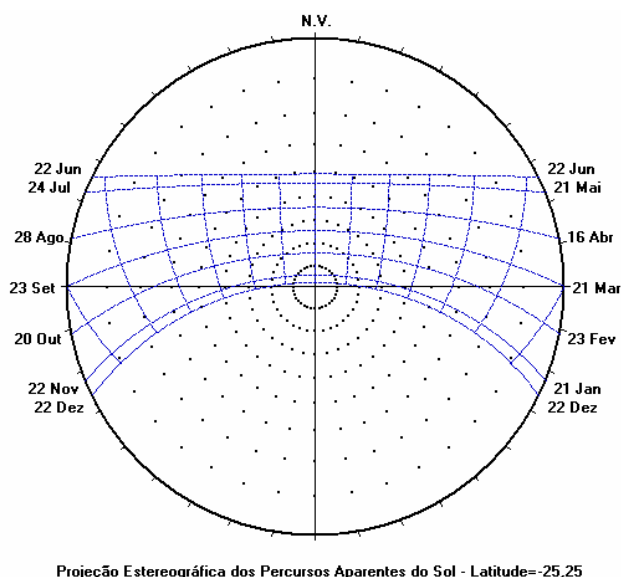


FIGURA 1 – CARTA SOLAR DA CIDADE DE CURITIBA

FONTE: Luz do Sol (RORIZ, 1995)

Conforme a FIGURA 1, para edificações localizadas em Curitiba, a fachada norte é a que recebe radiação solar durante todo o dia nos meses de inverno. No inverno o sol se encontra mais baixo, propiciando o aquecimento solar dos ambientes com tal orientação. Na fachada sul não há incidência de sol no inverno. Há pouca no outono e na primavera, no início e no final do dia. No verão, a radiação solar se faz mais presente nesta fachada.

2.3.2 Condições de conforto no clima temperado

Frota e Schiffer (1988) apresentam diretrizes de projeto arquitetônico para o clima temperado. Nesses locais, são necessárias soluções que permitam ventilação cruzada e intensa em determinados períodos e, em outros, que possibilitem o fechamento hermético das aberturas. A proteção das aberturas apropriada é do tipo móvel, de modo a permitir ou barrar a radiação solar, de acordo com a necessidade. As soluções relacionadas à forma da edificação e ao seu entorno devem ser pensadas para atender às necessidades de insolação e adequadas ao rigor climático.

Goulart, Lamberts e Firmino (1998) representaram o Ano Climático de Referência (*Test Reference Year - TRY*) para o clima da cidade de Curitiba na carta bioclimática (FIGURA 2). O TRY consiste de um ano representativo de um determinado lugar, em que é considerado um período de, no mínimo, dez anos consecutivos de séries de dados climáticos. Contém informações climáticas para as 8.760 horas do ano que, plotadas sobre uma carta bioclimática, possibilitam verificar as estratégias de projeto mais adequadas para o clima da localização considerada. O TRY gerado para Curitiba considera uma série de dados climáticos coletados entre os anos de 1960 a 1970.

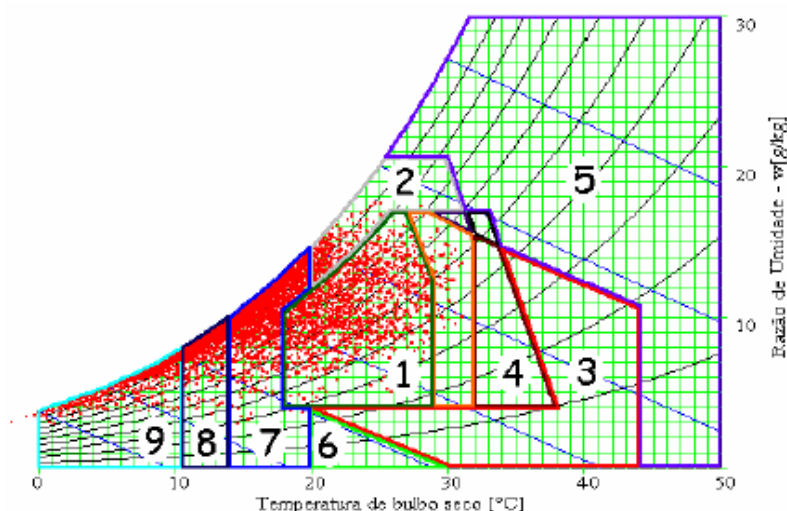


FIGURA 2 – CARTA BIOCLIMÁTICA COM TRY DE CURITIBA

1- Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 - Massa Térmica para Resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial

FONTE: GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. (1998), p.66

No caso da cidade de Curitiba, o clima é tal que em um número não desprezível de horas do ano representativo há necessidade de aquecimento artificial (zona 9). Há também razoável número de horas com necessidade de aquecimento solar passivo (zona 7) e ainda de massa térmica e aquecimento solar passivo (zona 8).

A TABELA 1 apresenta os percentuais das horas do ano em que há conforto (20,9%) ou desconforto térmico (80,1%) e os percentuais em que cada estratégia é adequada. Observa-se que a maior parte do desconforto é causada por frio (73,1% das horas do ano). Verifica-se também que, em Curitiba é possível proporcionar conforto térmico por meio do aproveitamento do calor proveniente da insolação aliado ao uso de massa térmica nos fechamentos em 61,2% das horas do ano, sendo que em 11,7% das horas será necessário o uso de aquecimento artificial. Neste caso recomenda-se observar a eficiência do equipamento utilizado e isolar de modo adequado o invólucro construtivo.

TABELA 1 - ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS (%) PARA CURITIBA

CONFORTO			20,9
DESCONFORTO		V	5,8
	Calor	RE	0,7
		MR	0,7
		AC	0
		MA/AS	42,4
	Frio	AS	18,8
		AA	11,7

FONTE: GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. (1998), p. 67

NOTA: V- Ventilação; RE- Resfriamento Evaporativo; MR- Massa Térmica para Resfriamento; AC- Ar-condicionado; MA/AS- Massa térmica para Aquecimento/ Aquecimento Solar; AS- Aquecimento Solar; AA- Aquecimento Artificial

A NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005) propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas bioclimáticas, homogêneas quanto ao clima. São estabelecidas, para cada uma das zonas, uma série de recomendações construtivas para melhor adequação climática, que visam otimizar o desempenho térmico das edificações.

Como estratégias de condicionamento térmico passivo para o inverno, são sugeridos o aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas, no intuito

de se obter inércia térmica. Também recomenda-se o aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar, por meio da consideração da forma, da orientação e da implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas e da cor externa dos componentes.

Ou seja, com a oscilação de temperatura que ocorre durante o dia em Curitiba, a norma prevê a utilização de vedações externas leves para acumular calor durante o dia e retê-lo (vedações internas pesadas) para, à noite, devolvê-lo ao interior da edificação. Com isso, diminui-se a amplitude da temperatura interna. No entanto, não há indicação sobre a proteção térmica do invólucro.

De modo geral, quanto menor a exposição da área do envelope construído, menores são as perdas de calor. Implementar melhorias no isolamento do invólucro pode ser um meio de equilibrar uma forma menos compacta. A utilização das duas estratégias associadas pode contribuir para o condicionamento térmico passivo de edificações localizadas em Curitiba.

Olgyay (1998) apresenta o critério da forma ótima, definida como aquela que apresenta ganho mínimo de calor no verão e a perda mínima de calor no inverno. Para regiões de clima temperado, concluiu que a forma mais apropriada é a alongada, destacando-se as edificações com eixo de orientação leste-oeste.

3 ARQUITETURA MODERNA NO BRASIL, CLIMA E CONFORTO AMBIENTAL

3.1 HISTÓRICO DA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA

Os movimentos de modernização surgidos após a Primeira Guerra Mundial deram origem à arquitetura moderna brasileira. As primeiras manifestações surgiram na década de 1920, sendo que a mais conhecida é a Semana de Arte Moderna de 1922, um movimento acerca das artes e da literatura, porém responsável por acender novos questionamentos com outras abordagens como, por exemplo, a discussão da arquitetura brasileira (BRUAND, 1981; ARTIGAS, 1977).

Considera-se que o modernismo na arquitetura se inicia na década de 1920 com o Manifesto de Warchavchik e suas obras residenciais na cidade de São Paulo, alguns anos depois da Semana de Arte Moderna de 1922 (GNOATO, 1997). A obra de Warchavchik possibilitou o rompimento com a tradição bem como o estabelecimento de uma ligação com as correntes da arquitetura internacional (BRUAND, 1981).

No entanto, é somente na década seguinte que o Movimento Moderno brasileiro se consolida, com a chegada de Getúlio Vargas ao poder. O projeto de modernização do país foi assumido pelo Estado com a industrialização e o desenvolvimento nacional. E foi no Rio de Janeiro, então Capital Federal, que foi dado o passo decisivo na consolidação de uma nova mentalidade nos arquitetos (SUZUKI, 2003).

O concurso para elaboração do edifício sede do Ministério da Educação e Saúde foi determinante para a instalação da arquitetura moderna no Brasil (SUZUKI, 2003). Do ano de 1936, o edifício tornou-se relevante no cenário da arquitetura moderna brasileira e teve repercussão mundial. Marco da arquitetura moderna no país, o projeto foi elaborado por uma equipe em que participavam, Lúcio Costa, Affonso Eduardo Reidy, Carlos Leão, Ernani Vasconcellos, Jorge Moreira e Oscar Niemeyer, com consultoria de Le Corbusier e projeto paisagístico de Roberto Burle Marx (BONDUKI, 1999). Neste projeto, a equipe de projeto buscou conciliar os princípios do Movimento Moderno à herança nativa (SUZUKI, 2003).



FIGURA 3 – EDIFÍCIO DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE, RIO DE JANEIRO
FONTE: BONDUKI (1999)

Segundo Guerra e Ribeiro (2006), as questões fundamentais que condicionaram a formação, desenvolvimento e consolidação da arquitetura moderna brasileira têm origem na identidade de valores e discursos entre Le Corbusier e os brasileiros, que o escolheram como um modelo a seguir. Tais questões compreendem a busca contínua de síntese entre os princípios modernos europeus e a tradição construtiva colonial brasileira; a preocupação em estabelecer uma relação equilibrada e harmoniosa da arquitetura com a exuberância paisagem tropical; o desenvolvimento econômico do país que proporcionava um cenário favorável para os projetos de modernização da arquitetura.

Cavalcanti (2001) acrescenta uma conjunção de fatores que propiciaram o desenvolvimento da arquitetura do período moderno no Brasil - o entusiasmo dos arquitetos mais jovens por uma nova arquitetura, a boa condição econômica do

Brasil e uma geração de intelectuais e arquitetos com possibilidade de participação no Estado.

Até a década de 1940, o Estado era o único contratante representativo dos arquitetos modernos. A partir de então o mercado dos clientes privado se abre para os arquitetos, iniciando a fase de maturidade da arquitetura brasileira (SUZUKI, 2003).

3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Segundo Rego (1952) foi Le Corbusier o ponto de partida “para que a nova escola de arquitetura brasileira pudesse se exprimir com uma grande espontaneidade e chegar a soluções originais”. E complementa:

os novos arquitetos foram buscar o que havia de vivo nas casas antigas, o que havia de funcional em algumas soluções dos mestres portugueses, e conseguiram corrigir desvios monstruosos, para integrar a pedra, a cal, o cimento, o ferro, a madeira, todos os materiais de construção, na intimidade da paisagem. (REGO, 1952 in XAVIER, 1987, p.303).

Com isso, a paisagem passa a ser valorizada, nela os arquitetos se inspiram e busca-se integrá-la na arquitetura como uma forma de tornar a casa brasileira moderna original, agradável e com qualidade estética (REGO, 1952).

A arquitetura moderna se utilizava de uma linguagem que se desejava universal, ou seja, de um repertório formal dotado de princípios que poderiam ser aplicados a diferentes contextos. Os cinco pontos propostos por Le Corbusier tornaram-se os paradigmas dessa nova arquitetura. Pilotis, planta livre, fachada livre, janela em fita e o terraço jardim foram amplamente utilizados, caracterizando com princípios formais a arquitetura moderna.

Uma das características mais marcantes da arquitetura moderna brasileira é o emprego intensivo do pilotis. Considerando principalmente o caso do Rio de Janeiro, o uso desse sistema estava relacionado à adaptação ao terreno, de topografia bastante acidentada bem como à melhoria propiciada na ventilação urbana (BRUAND, 1981).

Segundo Bruand (1981), o clima foi o fator físico de maior interferência na arquitetura brasileira. Grande parte do país está situado entre o Equador e o Trópico de Capricórnio, região que apresenta temperaturas bastante elevadas durante o verão. Foi em cidades situadas nessa região que a arquitetura moderna teve sua origem, sendo por isso o controle da insolação intensa um dos principais problemas a ser resolvido pelos arquitetos. Diferente das regiões meridionais, onde as diferenças de temperatura são consideráveis e é necessário combater tanto o calor quanto o frio.

Os princípios então revolucionários de Le Corbusier exaltavam a abertura dos edifícios para o exterior, de forma a possibilitar a entrada do ar, da luz e o contato com a natureza. Considerando o clima do Brasil, para aplicar esses princípios era necessário adaptá-los ao meio físico e ainda, utilizar dispositivos de controle da luz solar. O *brise-soleil*, idealizado por Le Corbusier para o projeto de urbanização de Argel (1930-1934), passou a ser utilizado pelos arquitetos brasileiros. Para tanto, foram realizados estudos sobre o movimento relativo entre a Terra e o sol e estabelecidas regras quanto ao emprego do dispositivo de acordo com a orientação das fachadas. Dispositivos como venezianas e persianas também eram usados (BRUAND, 1981).

As novas técnicas construtivas possibilitaram a execução de amplos espaços livres cobertos. O uso dos pilotis e grandes terraços possibilitou a liberação total ou parcial do pavimento térreo e as sacadas passaram a ser protegidas pela projeção de uma laje em balanço (BRUAND, 1981).

Em regiões de clima quente, esses novos dispositivos usados isoladamente não seriam suficientes para resolver o problema do calor. Para tanto, fazia-se necessário associar um sistema eficiente de circulação de ar, sendo bastante utilizada a ventilação cruzada, estabelecendo-se correntes de ar que atravessassem o edifício (BRUAND, 1981).

Bruand (1981) reconhece como relevantes os procedimentos naturais de combate à insolação excessiva e ao calor, principalmente por terem contribuído para atribuir à arquitetura brasileira um caráter próprio, diferente da arquitetura de outros países. Em seguida o autor aponta o fato de que, a partir de meados de 1970, meios de proteção artificiais passaram a ser desenvolvidos e utilizados, como o ar-condicionado e o emprego de vidros refratários ao calor. O uso desses sistemas

proporcionava para o arquiteto liberdade em relação às imposições do clima e influenciou diretamente na evolução das soluções técnicas e estéticas dos edifícios.

A existência de uma estação chuvosa na maior parte do território brasileiro também influenciou na questão das coberturas. O telhado inclinado continuou sendo empregado especialmente em residências, pois permite um melhor escoamento das águas. Também eram freqüentes as marquises, com o objetivo de proteção da chuva (BRUAND, 1981).

A definição dos materiais construtivos também era influenciada pelo clima. Fatores como a intensidade da insolação e as chuvas fazem com que alguns materiais se deterioresem com maior rapidez. Assim sendo, houve um uso intenso de mármore e azulejo como revestimento de fachadas (BRUAND, 1981).

Reidy (1955) aponta que:

o clima, a topografia, os costumes, a técnica e os materiais locais imprimem sempre características próprias à arquitetura, em função da região. (No Brasil) problemas criados pelo clima conduziram a soluções várias de proteção contra o sol, e a necessidade de espaços ventilados e em sombra tornou quase generalizada a construção sobre pilotis. A riqueza da flora, a dramaticidade da paisagem, a força do sol, a cor do céu e o próprio temperamento do povo se refletem na nossa arquitetura, conferindo-lhe uma certa exuberância de forma que constitui, nos bons exemplos, um enriquecimento do vocabulário plástico de arquitetura. (REIDY, 1955 *apud* BONDUKI, 1999, p.25).

Em seu relato sobre a nova arquitetura, Lúcio Costa aponta a necessidade de compreensão das vantagens, possibilidades e beleza própria que a nova técnica permite, tanto por parte dos arquitetos e engenheiros como do público em geral (COSTA, 1936).

Bruand (1981) apresenta uma síntese das características técnicas, metodológicas e formais da arquitetura moderna brasileira, em nove tópicos:

- a) arquitetura de concreto armado – o uso do material na execução da estrutura teve razões econômicas e foi explorado pelos arquitetos na criação de novas formas, principalmente a liberação da fachada da função estrutural;
- b) arquitetura artesanal – ao invés de elementos padronizados, com freqüência era o próprio arquiteto que desenhava os acabamentos da obra, tais como elementos vazados, caixilhos, venezianas, persianas e outros detalhes ;

- c) arquitetura racionalista – a influência decisiva de Le Corbusier contribuiu para que a razão fosse reguladora da imaginação;
- d) arquitetura simbólica – no desenvolvimento da arquitetura brasileira, o funcionalismo puro foi pouco aplicado. Com o projeto do edifício do Ministério da Educação e Saúde, houve um impulso na integração de um sentido simbólico nos projetos. O ícone desse simbolismo foi a cidade de Brasília, em que foi concretizada a conquista do país pelos habitantes;
- e) monumentalidade – esta característica está relacionada à importância dos edifícios públicos na história do Movimento Moderno mas também está presente em outros tipos de edificações;
- f) plasticidade;
- g) simplicidade;
- h) leveza;
- i) riqueza decorativa – manifestou-se principalmente em revestimentos de qualidade (mármore, granito, cerâmica), na plasticidade de elementos de proteção solar (*brise-soleil*, venezianas, persianas), na colaboração com outros tipos de arte (escultura, pintura, cerâmica) e em efeitos de cor.

3.3 PESQUISA SOBRE O DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES DO PERÍODO MODERNO

No início século XX, várias pesquisas científicas foram realizadas no Brasil abrangendo o tema do conforto ambiental. Assim, no período compreendido entre os anos de 1930 e 1965, os arquitetos brasileiros tinham disponíveis estudos que enfocavam os efeitos do sol e da ventilação no contexto do clima do Brasil. Os estudos de Alexandre de Albuquerque em meados da década de 1910, Heitor de Souza Pinheiro, Paulo Sá e Aluizio Bezerra Coutinho foram importantes para o desenvolvimento do tema (SEGAWA, 2003).

Paulo Sá, engenheiro carioca, foi um dos pioneiros em tratar a questão do conforto térmico, em meados dos anos 30. Em 1930, Coutinho apresentou sua tese em que propunha uma adequação da arquitetura brasileira ao clima local (SEGAWA,

2003). Isso se daria com a utilização dos novos materiais e técnicas para proteger do excesso de insolação, incorporando os princípios disseminados por Le Corbusier.

Segawa (2003) afirma que as pesquisas destes técnicos foram responsáveis pela formação de uma disciplina de conforto ambiental como é hoje, de origem racionalista e fundamentada nos princípios da arquitetura moderna.

Entretanto, Rahal (2006) ressalta que havia uma lacuna entre as pesquisas e a produção arquitetônica da época, pois havia alguns casos de utilização de dispositivos de proteção solar apenas como elemento de composição das fachadas. Conforme mencionado anteriormente, esta lacuna persiste até os dias atuais (MACIEL, 2006).

Portanto, verifica-se que a arquitetura moderna brasileira desenvolvida entre os anos 1930 e 1960 apresenta, simultaneamente, características de adaptação ao clima - que podem ser observadas pela ampla adoção de elementos como os *brises-soleil* e cobogós; e uma relação com as intenções estéticas de influência de Le Corbusier (GONÇALVES & DUARTE, 2006).

No último caso, a utilização desses elementos não era necessariamente embasada nas orientações científicas, ficando em segundo plano a função de proteção da insolação. Esse pensamento é complementado por Russo³ (2004, *apud* GONÇALVES & DUARTE, 2006, p. 53), que afirma:

Estudos sobre o desempenho ambiental de algumas das obras desse período demonstram, inclusive, que, em muitos casos, elementos como quebra-sóis, clarabóias e aberturas para a ventilação natural não foram exatamente projetados para o conforto ambiental, e sim por preocupações formais.

No estudo realizado por Maragno (2000) sobre a eficiência dos *brises-soleil* na cidade de Campo Grande, o autor aponta que tais elementos são abordados ora em trabalhos que analisam o dispositivo como um sistema natural de controle ambiental e ora em pesquisas que avaliam-no como um elemento de composição arquitetônica. Ressalta ainda a predominância de trabalhos que abordam os temas em separado. Em seu estudo, verifica a utilização de *brise-soleil* na arquitetura e analisa as relações existentes entre sua eficiência ambiental e o caráter plástico e formal. Para

³ RUSSO, Filomena. **Climatic responsive design in Brazilian Modern Architecture. 2004.** Dissertation (Master) - Martin Centre for Architectural and Urban Studies, University of Cambridge, Cambridge, 2004.

tanto, são analisadas trinta edificações relevantes da cidade de Campo Grande – MS. A hipótese utilizada pelo autor é de que a aplicação do *brise-soleil* contribui de forma significativa na proteção contra ganhos térmicos provenientes da radiação solar e ainda, de que é elemento arquitetônico importante na definição plástica do edifício.

A pesquisa de Gonçalves, Sanches e Cavalcante (2006) trata da avaliação do desempenho térmico do edifício da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), projeto do ano de 1969 do arquiteto João Batista Vilanova Artigas. Durante um ano foram feitas entrevistas com os usuários, medições e simulações. A análise foi feita com base na metodologia proposta por Fanger (PMV e PPD), por meio da comparação com as respostas obtidas nas entrevistas. Um dos resultados do estudo demonstra que as características arquitetônicas da edificação são mais conceituais do que eficientes do ponto de vista ambiental.

A questão da eficiência de elementos típicos da arquitetura moderna também foi discutida no trabalho de Lima (2002), que abrange a arquitetura moderna desenvolvida em Recife, Pernambuco. Observou-se que são características dessa arquitetura além da linguagem, os elementos de adaptação ao clima tropical da região. Para verificar a eficiência destes elementos, foi realizado um levantamento extenso de edifícios construídos entre as décadas de 50 e 70 e parte deles foi avaliada quanto aos aspectos de conforto térmico e lumínico. Com isso foi possível avaliar a coerência entre o discurso de uma arquitetura moderna adaptada ao clima e a sua real aplicação.

Com enfoque em edificações hospitalares, o trabalho de Mascarello (2005) analisou as relações da arquitetura bioclimática com os fatores climáticos e ainda, o conforto do ser humano e as soluções de arquitetura nesses ambientes. A autora verificou, na fase de revisão bibliográfica, que edifícios hospitalares concebidos durante o período modernista apresentavam soluções de uma arquitetura adaptada ao meio ambiente. Foi realizado um estudo de caso segundo alguns critérios de avaliação e, ao final, foram discutidas as hipóteses e elaboradas recomendações de projeto para o conforto ambiental em internações hospitalares. Em análises climáticas, verificou-se que há a necessidade de se contemplar a ação do sol e do vento simultaneamente, interferindo nos parâmetros de conforto térmico. Segundo a autora, a iluminação natural está vinculada diretamente ao conforto térmico, sendo

portanto necessário integrá-la à iluminação artificial para reduzir o consumo de energia elétrica.

Martins e Gonçalves (2007) realizaram uma seleção de projetos da primeira fase do Movimento Moderno (1930-1960) que apresentassem características bioclimáticas, nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, incluindo residências, escritórios e escolas. Neste estudo é feita uma introdução para a análise qualitativa do partido arquitetônico e seu desempenho quanto aos aspectos do conforto ambiental. Foram apresentadas fichas de avaliação em que consta a implantação e o entorno imediato da edificação, plantas e fachadas. Com isto propiciou-se a apresentação sistematizada de exemplos da arquitetura moderna brasileira, ressaltando aspectos de projeto relacionados ao desempenho do conforto ambiental, destacando a coerência dos princípios da abordagem bioclimática no Brasil. De caráter qualitativo, o trabalho introduz uma visão crítica das obras levantadas e cria subsídios para uma abordagem futura que aprofunde a análise do desempenho ambiental dos projetos considerados.

No âmbito internacional, a pesquisa de Rosenfeld *et al.* (2007) aborda a obra de destacados arquitetos do Movimento Moderno na Argentina, tratando da produção de edifícios proto-bioclimáticos. Três exemplos relevantes do período foram selecionados – uma escola, uma residência e um hospital – e, considerando-se as particularidades de cada projeto, aprofundou-se o estudo da insolação incidente, iluminação natural, ventilação e as condições térmicas. Na análise, foram utilizados diferentes recursos. A incidência e o controle solar foram avaliados com a utilização de um heliodón e maquetes, considerando-se a situação de solstício de verão e inverno. O sombreamento foi estudado em maquetes virtuais. A adequação das estratégias implementadas em cada edificação foram analisadas por meio dos diagramas de conforto de Givoni e Olgyay, com relação à Zona *Bioambiental* em que se localizam. A iluminação natural foi analisada na escola, a partir da consideração da função do edifício. Para tanto foi utilizado o céu artificial e maquetes. O vento foi avaliado no edifício do hospital, em que a ventilação cruzada foi uma das principais estratégias utilizada pelo autor do projeto. Sua adequação foi verificada com um túnel de vento. A qualidade térmica e o consumo energético foram estudados na residência. Verificou-se que os três projetos estudados apresentam um bom desempenho bioclimático. Considerando-se as técnicas de projeto utilizadas na época, os resultados apontam que estes edifícios caracterizados como proto-

bioclimáticos podem assemelhar-se a exemplares projetados e calculados com métodos mais rigorosos. Com isso, podem ser referências para a execução de uma arquitetura consciente com o ambiente e com a problemática atual. Os autores recomendam ainda a execução de estudos de outros casos para que seja possível inferir se os aspectos projetuais gerais são suficientes para que a produção da edificação seja eficiente do ponto de vista da habitabilidade e da eficiência energética.

Braga (2005) realizou um estudo para avaliar o conforto térmico em edifícios residenciais do Plano Piloto de Brasília. Por meio de medições *in loco* e simulações computacionais, verificou-se que a maior parte dos blocos residenciais não foi implantada e planejada considerando princípios bioclimáticos. Muitos dos edifícios possuem fachadas envidraçadas sem proteção solar, além de orientação inadequada em relação ao clima tropical. Observou-se, nas 117 superquadras existentes, que 82% dos blocos residenciais possuem fachadas com elementos que visam reduzir as temperaturas internas de modo artificial.

Na pesquisa realizada por Rahal (2006), efetuou-se uma análise do conforto térmico em residências projetadas pelo arquiteto Rino Levi. Para tanto foram identificadas e analisadas as soluções arquitetônicas desenvolvidas para proporcionar o conforto térmico em residências. O estudo foi realizado em residências localizadas em diferentes regiões do país. A partir de recomendações construtivas da época em que as casas foram projetadas e dos parâmetros da norma atual de desempenho térmico, foi realizada a análise das soluções. Ao final, verificou-se que a maior parte das soluções desenvolvidas pelo arquiteto estão de acordo tanto com as recomendações da época como com as atuais.

O desempenho ambiental dos *brises-soleil* foi abordado por vários pesquisadores.

O estudo de Laar (2001) avalia o sistema de *brises* do MES, simulando três diferentes ângulos das lâminas horizontais, possibilitados pelo mecanismo existente. O trabalho visa provar a relevância de uma técnica do passado, implementada pelo Movimento Moderno, para a arquitetura contemporânea eficiente do ponto de vista energético. Os resultados foram comparados com as demandas de iluminação atuais em edifícios de escritórios. Concluiu-se que as considerações de projeto dos arquitetos estavam corretas. No entanto, verificou-se que os dispositivos não são utilizados corretamente pelos usuários da edificação.

Almodóvar (2004) também apresenta uma análise do comportamento ambiental do *brise-soleil* do Ministério da Educação e Saúde. Para tanto, analisa-se o memorial de projeto, em que são observadas referências constantes às soluções adotadas com o objetivo de otimizar o comportamento ambiental do edifício. Em seguida o dispositivo é analisado por meio de simulação. As proteções solares foram consideradas insatisfatórias, possivelmente pela falta de tecnologia ou de conhecimento suficiente sobre o desenho dos dispositivos. O autor evidencia a importância do interesse de Lúcio Costa pelo aspecto ambiental da arquitetura, que foi transmitido para as gerações seguintes de profissionais que desenvolveram novos tipos de dispositivos de proteção solar adaptados ao clima brasileiro.

Gutierrez (2004) avaliou o desempenho térmico do *brise-soleil* em relação à radiação solar incidente em ambientes com aberturas protegidas. Para tanto, considerou-se as tipologias e materiais utilizados em edificações da arquitetura moderna brasileira no período compreendido entre 1930 e 1960. A avaliação experimental foi feita com a utilização de protótipos (FIGURA 4). Foram testados *brise-soleil* horizontal e vertical e elementos vazados, executados com diferentes materiais. Os dispositivos foram expostos nas fachadas norte ou oeste, em períodos próximos aos equinócios e solstícios de verão e de inverno. Os resultados obtidos nos ensaios realizados apontaram para uma redução de até 4,14°C na temperatura interna. Os piores resultados foram verificados no uso do *brise-soleil* vertical fixo perpendicular à fachada oeste, contrariando as indicações usuais da literatura especializada. Durante o estudo constatou-se também que as recomendações existentes na literatura para o projeto de dispositivos de proteção solar, são muito genéricas e não incluem aspectos como a necessidade de mobilidade e inclinação das placas.



FIGURA 4 – TIPOLOGIAS DE *BRISES-SOLEIL* ADOTADAS NO ESTUDO
FONTE: GUTIERREZ (2004)

Atem e Basso (2005) avaliaram a eficiência de dispositivos de proteção solar (*brise-soleil*) utilizados na arquitetura moderna de Londrina. Para tanto, primeiramente foi realizada uma análise das necessidades de proteção solar para diferentes fachadas em diferentes épocas do ano em Londrina, utilizando-se as tabelas de Mahoney e o Projeto de Norma de Conforto Térmico. As respostas destes instrumentos referem-se à proteção solar necessária para o caso da cidade em estudo. Em uma etapa posterior, foram realizadas simulações com o programa Arquitrop 3.0 para obtenção de resultados mais precisos. Os resultados da simulação foram cruzados com os obtidos anteriormente e chegou-se à proteção solar ideal para cada fachada e período do ano. A metodologia utilizada tem por objetivo “avaliar situações de projeto, dando subsídios para a melhoria do comportamento térmico dos edifícios, de forma a evitar ganhos térmicos devido à radiação solar direta.” (ATEM e BASSO, 2005, p.31). Os autores buscaram, além do resgate histórico, analisar a proteção solar não apenas de forma isolada e com características específicas, mas como parte de um conjunto - a arquitetura. Nesse sentido, os autores ressaltam a necessidade de não se impor regras rígidas para a utilização de tais dispositivos. Enfatizam ainda que a utilização de proteção solar está relacionada hoje a novos conceitos – conservação de energia e bem-estar dos usuários.

Pesquisas recentes abordam a produção arquitetônica de arquitetos preocupados em incorporar estratégias passivas de condicionamento ambiental atuantes em outros períodos que não o moderno.

O trabalho de Neves (2006) aborda as estratégias de ventilação natural adotadas pelo arquiteto Severiano Porto em suas obras, sendo que este tipo de solução é relevante para obtenção de conforto térmico em clima tropical quente e

úmido. As soluções propostas são analisadas em três obras localizadas em Manaus (AM) quanto à sua adequação e eficiência. Em uma primeira etapa realizou-se a análise descritiva e qualitativa, com base na leitura do projeto das edificações. Verificou-se a incorporação de elementos bioclimáticos e foram identificadas as soluções para ventilação natural propostas, caracterizadas como sendo do tipo ventilação cruzada ou efeito chaminé. A etapa seguinte compreendeu a análise quantitativa, por meio de pesquisa de campo e medições de variáveis ambientais. Para a análise dos resultados foram utilizados os métodos de Mahoney e ASHRAE Standard 55-2004, além de critérios da literatura. Observou-se que nem todas as estratégias são utilizadas adequadamente ou funcionam de modo eficiente, pois sua aplicação foi de modo empírico. No entanto, a autora ressalta que algumas soluções apresentam características apropriadas e são uma contribuição do arquiteto para o desenvolvimento de uma arquitetura que incorpora princípios bioclimáticos.

As pesquisas realizadas por Alberto Xavier (1985), Luiz Salvador Gnoato (1997), Irã Taborda Dudeque (2001), Josilena Zanello Gonçalves (2001), Lauri da Costa e IPPUC *et al.* (2003a), abordam a arquitetura moderna de Curitiba sob diferentes enfoques, porém sem aprofundar a investigação da questão do conforto ambiental.

Xavier (1985) foi o precursor em selecionar em seu trabalho exemplos significativos da produção arquitetônica em Curitiba, abrangendo também residências.

A pesquisa de Gnoato (1997) analisa a arquitetura moderna desenvolvida em Curitiba no período compreendido entre 1930 e 1965. Esta análise se inicia com as residências projetadas pelo arquiteto Frederico Kirchgässner, passa pelas obras de Vilanova Artigas, Romeu da Costa e Edmir d'Ávila e se encerra com os edifícios de Rubens Meister e Elgson Ribeiro Gomes.

A pesquisa realizada por Dudeque (2001) trata da arquitetura de Curitiba e sua relação com as conjunturas culturais, políticas e econômicas do Paraná. Para tanto foi realizada uma análise de obras residenciais, selecionadas por terem uma relação estreita com os acontecimentos históricos e culturais da cidade. Neste estudo, o autor faz referências às questões de conforto ambiental, principalmente à preocupação dos arquitetos com a insolação.

Em outras regiões do Brasil, verificou-se maior ocorrência de pesquisas que abordam a questão do conforto ambiental na arquitetura moderna, como se pretende neste trabalho.

3.4 CASOS DA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA RESIDENCIAL, O MEIO FÍSICO E O CONFORTO AMBIENTAL

Entre os mais importantes arquitetos brasileiros atuantes no período compreendido entre 1930 e 1965, verifica-se a ocorrência de profissionais que incorporavam em sua prática arquitetônica, de modo mais evidente, a preocupação com as condições climáticas para a concepção de projetos.

São significativos nesse aspecto os projetos desenvolvidos por Lúcio Costa, Oswaldo Bratke, Rino Levi, Affonso Reidy e João Batista Vilanova Artigas, que de maneira mais perceptível buscavam uma adequação à realidade do local onde se inseriam bem como responder a necessidades específicas, considerando as necessidades humanas, a tradição cultural e a paisagem local, além de incorporar em seus projetos técnicas e detalhes construtivos regionais (GUERRA, 2005). Na concepção arquitetônica de Lúcio Costa observa-se ainda a relevância atribuída ao entendimento das condições climáticas e da geometria solar (GONÇALVES & DUARTE, 2006).

A seguir, apresenta-se a busca realizada na obra desses arquitetos, englobando residências e, quando relevantes, projetos de outras tipologias - em que aspectos do conforto ambiental são relacionados. Também busca-se relacionar a influência de expoentes da arquitetura moderna internacional na produção dos arquitetos brasileiros.

3.4.1 João Batista Vilanova Artigas

A obra de João Batista Vilanova Artigas pode ser caracterizada em três fases – o período wrightiano, a fase racionalista e a terceira fase, brutalista (BRUAND, 1981).

No início dos anos 40, Artigas inicia em Curitiba a sua produção arquitetônica. Primeiramente com a residência projetada para José Mehry (1941), já demolida; a seguir com as que projetou para Carolo Bernardi, João Luiz Bettega, Inocêncio Vilanova Jr. e Álvaro Correa de Sá (GONÇALVES, 2001).

A residência de seu irmão, Joel Vilanova Artigas (1944), organiza-se em torno de um pátio lateral, sendo ele o espaço de maior importância na casa. A influência de aspectos da obra de Frank Lloyd Wright é considerada nítida nesta obra como, por exemplo, na utilização de materiais naturais como pedra, madeira, tijolo aparente e telha cerâmica (XAVIER, 1985).

É principalmente em projetos de residências realizados nesse período, meados de 1940, que a assimilação de vários aspectos da obra de Wright pode ser observada (SUZUKI, 2003; IRIGOYEN, 2002). Entre essas características, pode-se destacar:

A submissão da obra à natureza, a elegância rebuscada sob o aspecto de uma simplicidade rústica, a personalidade de uma realização que recusa todo processo mecânico e a criação de um ambiente especialmente imaginado para a família que irá viver nele." (CASTELNOU NETO, 1999, p.60).

Alguns desses aspectos são materializados no uso de tijolo aparente, beirais generosos, madeira, caixilhos que vão até o teto (BUZZAR, 1996).

Segundo Castelnou Neto (1999), este foi um período de experimentações para as características arquitetônicas que o arquiteto iria adotar posteriormente em suas obras. O autor cita o rigor na composição volumétrica, a distribuição dos espaços com o objetivo de concentrar os serviços, a utilização de materiais no seu estado bruto, estruturas aparentes e vãos envidraçados.

Esse vínculo com a arquitetura de Wright também é observado nas residências construídas em São Paulo - Berta Gift (1940), Roberto Lacase (1941),

Rio Branco Paranhos (1942), Luis Antonio Leite Ribeiro (1943/45) e na primeira residência do arquiteto (1942) (BUZZAR, 1996) (FIGURA 5 e FIGURA 6).



FIGURA 5 - RESIDÊNCIA RIO BRANCO PARANHOS, SÃO PAULO
FONTE: INSTITUTO LINA BO E P.M. BARDI (1997)



FIGURA 6 - PRIMEIRA RESIDÊNCIA DO ARQUITETO VILANOVA ARTIGAS, SÃO PAULO
FONTE: INSTITUTO LINA BO E P.M. BARDI (1997)

Na casa de Roberto Lacase (1938-1939), o arquiteto faz uso de materiais considerados simples e no estado bruto, sem revestimento. As paredes são feitas de tijolos aparentes, a cobertura com telhas, as vigas aparentes de sustentação da cobertura são de madeira, assim como é de madeira a proteção colocada na frente dos grandes vidros do salão e de pedra a escada de acesso à residência (BRUAND, 1981).

No final dos anos 40 e início dos 50, Artigas passa a considerar os princípios defendidos por Le Corbusier assim como a arquitetura moderna carioca. Este período abrange a produção arquitetônica de Artigas e Carlos Cascaldi na cidade de Londrina e foi marcado pelo abandono da submissão à natureza e adoção da tecnologia e materiais modernos (CASTELNOU NETO, 1999). Observa-se a adoção de duas tipologias - a primeira composta de um único volume que integra todos os espaços e a segunda, de dois volumes interligados por um terceiro.

Na terceira fase, o arquiteto busca a exploração plástica e técnica do concreto armado, como na residência Olga Baeta, de 1956 (FIGURA 7 e FIGURA 8).



FIGURA 7 – VISTA FRONTAL DA RESIDÊNCIA OLGA BAETA, SÃO PAULO
FONTE: INSTITUTO LINA BO E P.M. BARDI (1997)



FIGURA 8 - RESIDÊNCIA OLGA BAETA, SÃO PAULO
FONTE: INSTITUTO LINA BO E P.M. BARDI (1997)

Considerando-se as residências projetadas por Artigas em meados dos anos 40, a literatura não aprofunda a discussão acerca do conforto ambiental. Em edifícios com outras tipologias há mais evidências dessa preocupação.

Na Estação Rodoviária de Londrina (1948/52), considerada a principal obra de Artigas e Cascaldi na cidade, os arquitetos projetaram uma grande área envidraçada na fachada sul, que não apresenta sombreamento. Já a face norte foi protegida por um conjunto de *brise-soleil* móvel, composto de lâminas horizontais em fibrocimento curvo (FIGURA 9). Aberturas do tipo máximo-ar dispostas nas duas fachadas propiciam a ventilação cruzada do ambiente. Na fachada leste foi utilizado um tipo de elemento vazado, para proporcionar maior privacidade e iluminação.



FIGURA 9 – VISTA DA FACHADA NORTE DA ESTAÇÃO RODOVIÁRIA DE LONDRINA
FONTE: Museu P. Carlos Weiss apud ATEM e BASSO (2005), p.37

Atem e Basso (2005) observam o cuidado que os arquitetos tiveram com os *brises*, relatando que no projeto executivo é feito todo o detalhamento do dispositivo, com as dimensões, mecanismos de funcionamento e definição de materiais. Como os dispositivos não fazem parte da fachada principal, os autores supõem que não foram utilizados apenas pela função estética. No entanto, a colocação, posicionamento e inclinação dos *brises* foram por vezes inadequados.

No Edifício Autolon (1950/51), também em Londrina, planejou-se para cada fachada um tipo de composição. A fachada principal, voltada para o leste é toda envidraçada para permitir a iluminação natural (FIGURA 10). A fachada oeste apresenta o acréscimo de *brises* móveis de fibrocimento, no intuito de proteger do sol da tarde. De acordo com Atem e Basso (2005), a fachada leste também necessita de sombreamento em certos períodos do ano e, para protegê-la de maneira adequada seria necessária a inserção de *brises* semelhantes aos da fachada norte. Esses *brises* deveriam ser móveis para permitir a insolação quando desejável.

Neste projeto os arquitetos incorporaram vários dos cinco pontos da arquitetura moderna – planta livre, fachada livre e pilotis, além das paredes de vidro e da concepção geométrica purista, características do Racionalismo arquitetônico (CASTELNOU NETO, 1999).

Na Casa da Criança de Londrina (1952/55) a linguagem racionalista é apresentada em sua totalidade (CASTELNOU NETO, 1999). São utilizados pilotis, rampas, o terraço-jardim, janelas em fita e a volumetria composta por sólidos prismáticos interseccionados. Na fachada oeste foram projetados *brises*, sendo que atualmente tais dispositivos foram retirados (FIGURAS 11 E 12).



FIGURA 10 – FACHADA LESTE DO EDIFÍCIO AUTOLON
FONTE: ATEM e BASSO (2005), p.40

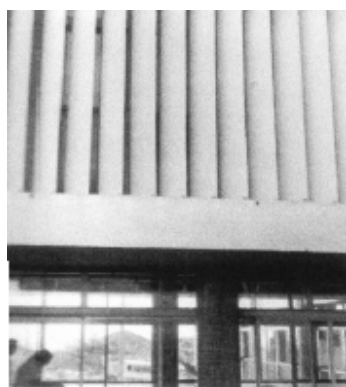


FIGURA 11 – *BRISES* NA FACHADA OESTE DA CASA DA CRIANÇA
FONTE: SUZUKI, 2000

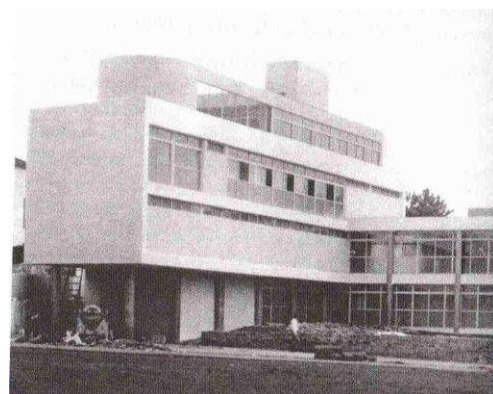


FIGURA 12 - CASA DA CRIANÇA
FONTE: CASTELNOU NETO (2002), p.168

3.4.2 Oswaldo Arthur Bratke

Uma verdadeira residência não é representada pelo impacto que possa provocar, mas pelo seu conteúdo. ...o ambiente em que a pessoa, mesmo estando só, não se sente desamparada. Oferece sensação de segurança, bem-estar, não cansa, não é para impressionar os amigos, para demonstração de status. É para si mesmo. (Oswaldo A. Bratke, p. 99, citado por SEGAWA & DOURADO, 1997).

No projeto da residência na rua Sofia em São Paulo, 1945/ 47, Bratke se utilizou de novos conceitos de organizar espaços domésticos, empregando soluções pouco usuais na época. Do ponto de vista da iluminação, o arquiteto também adotou soluções inovadoras. Na cozinha, por exemplo, foram utilizadas aberturas para iluminar o plano de trabalho e janelas junto ao teto para iluminar de forma difusa o ambiente (SEGAWA & DOURADO, 1997) (FIGURA 13). No entanto, tal disposição pode ocasionar ofuscamento e reflexões desconfortáveis que poderiam ser evitadas se as fontes de luz fossem localizadas lateralmente em relação à posição de trabalho dos usuários.

Em 1947, Bratke desenvolveu o projeto experimental da Casa de férias na cidade de São Sebastião. Nesta edificação, o arquiteto estuda as possibilidades técnicas de materiais comuns na região, como o uso de madeira na estrutura e bambu combinado a alvenarias de tijolos para os fechamentos (SEGAWA & DOURADO, 1997).



FIGURA 13 – ABERTURAS JUNTO AO PLANO DE TRABALHO E PRÓXIMAS AO FORRO
 FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.30

Para testar novos materiais e tecnologias construtivas, o arquiteto desenvolveu também edificações experimentais. Antes da execução, as soluções eram detalhadas, entre elas observa-se o detalhamento de dispositivos de proteção solar, quebra-sol e soluções de cobertura (SEGAWA & DOURADO, 1997).

No final dos anos 40, Bratke passa a incorporar os elementos vazados de forma expressiva (FIGURA 14 e FIGURA 15). Elementos estes que possibilitavam a ele imaginar as possibilidades de filtragem de luz e ventilação, de conformar uma barreira visual com preservação de certa intimidade, além de lhe remeter a lembrança dos muxarabis das antigas casas de fazenda e construções rurais (SEGAWA & DOURADO, 1997).



FIGURA 14 – ELEMENTOS VAZADOS UTILIZADOS
 EM OBRAS DO FINAL DA DÉCADA DE 1940
 FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.37

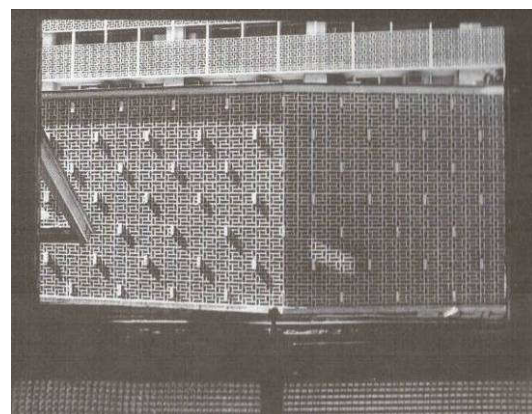


FIGURA 15 – DETALHE DE ELEMENTOS
 VAZADOS
 FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.37

A residência Oscar Americano (1952) em São Paulo localizava-se em um grande terreno com características campestres. A inserção da edificação no terreno contemplou as características do lugar, com um jardim integrado à volumetria da edificação e ao mesmo tempo aberto ao exterior. Bratke utilizou nesta obra varandas, elementos vazados, venezianas e pergolado (SEGAWA & DOURADO, 1997).

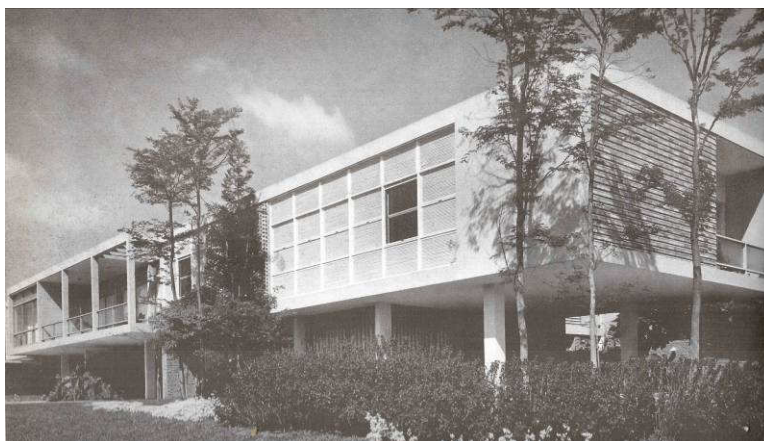


FIGURA 16 – RESIDÊNCIA OSCAR AMERICANO
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.124

Entre 1953 e 1954, projetou uma casa para si no bairro Morumbi em São Paulo, na época isolado e pouco ocupado (FIGURA 17). Um pátio interno possibilitava a ligação com a natureza e era fechado por paredes cheias ou então por elementos vazados (BRUAND, 1981).

No início da carreira, Bratke foi influenciado por Wright, porém não da mesma forma que Artigas. Nesta obra a influência orgânica é observada no uso de materiais brutos, entre os quais se destaca o uso do tijolo à vista, tanto nas fachadas quanto no interior da residência. No pavilhão anexo, a madeira substituiu o concreto na estrutura, sendo também usada nos degraus e nos fechamentos. As venezianas, por exemplo, eram constituídas de lâminas horizontais de correr, exercendo função de portas-janela, de sistema de controle da luminosidade e do calor, e ainda, proteção contra invasores (BRUAND, 1981).



FIGURA 17 – RESIDÊNCIA DO ARQUITETO
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.135

A influência dos princípios da arquitetura “orgânica” de Wright não é significativa, aparecendo apenas na preocupação de Bratke em valorizar os materiais naturais ou empregados em seu estado bruto. Outros aspectos presentes na sua obra como a flexibilidade e organicidade das plantas, são essencialmente racionais, concentrados em uma geometria pura (BRUAND, 1981).

Na casa no Jardim Guedala, construída em São Paulo entre os anos de 1958/60, há uma hierarquia na disposição dos ambientes de acordo com a orientação solar e ventilação. Os espaços de maior tempo de permanência, como os setores íntimo e social, foram abertos para as faces nordeste e noroeste que recebem insolação adequada ao clima local (FIGURA 18). Além disso, tal orientação proporcionava a vista da paisagem e a proteção de ventos provenientes do sul e sudeste.



FIGURA 18 – RESIDÊNCIA NO JARDIM GUEDALA
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.146

O arquiteto desenvolveu para esta obra um sistema de painéis de correr dotados de venezianas móveis, basculantes (FIGURA 19 e FIGURA 20). Com isso, havia a possibilidade de se regular a entrada de luz e de insolação, de acordo com a necessidade do usuário (SEGAWA & DOURADO, 1997).

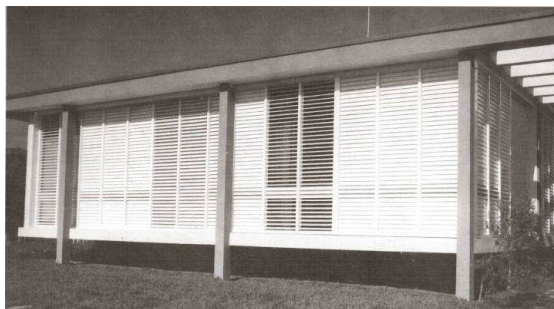


FIGURA19 – VENEZIANAS BASCULANTES, RESIDÊNCIA NO JARDIM GUEDALA
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.80

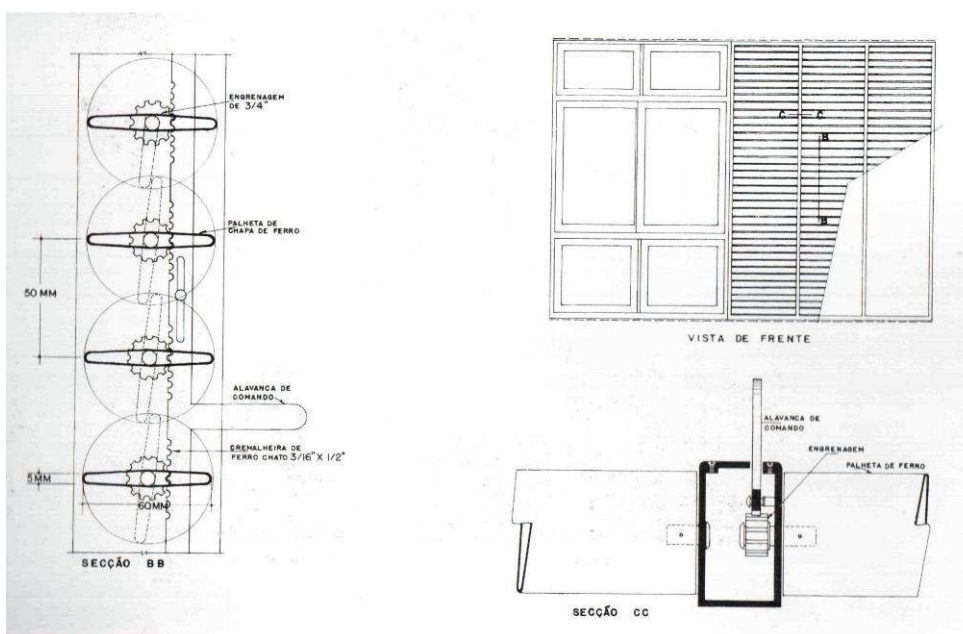


FIGURA 20 – DETALHAMENTO DAS VENEZIANAS BASCULANTES
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.80

O projeto desenvolvido por Bratke para a criação da Vila Amazonas e Vila Serra do Navio, entre os anos de 1955 e 1960, compreendia o plano de urbanização e o projeto arquitetônico das edificações. As características físicas e climáticas da região foram primeiramente objeto de estudo e, na etapa seguinte, consideração relevante na concepção arquitetônica. Na ocasião da definição do local para a implantação de Vila Serra do Navio, Bratke perguntou-se: “Como fazer uma cidade

num local distante, perdido no mapa? Qual a temperatura, os ventos dominantes, os materiais à disposição?” (SEGAWA & DOURADO, 1997, p.251).

Na edificação do hospital de Vila Serra do Navio, por exemplo, planos de elementos vazados compunham a fachada e asseguravam a proteção dos espaços internos contra a excessiva insolação e as chuvas freqüentes (FIGURA 21 e FIGURA 22). Para proporcionar uma diminuição da temperatura interior e melhores condições de conforto térmico, foram utilizados dispositivos que permitiam a constante passagem de ar entre as telhas e o forro, bem como as varandas que comportavam a circulação secundária periférica (SEGAWA & DOURADO, 1997).

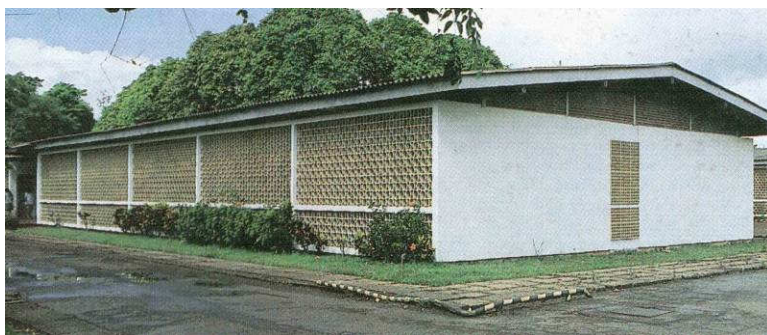


FIGURA 21 – HOSPITAL DE SERRA DO NAVIO
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.245

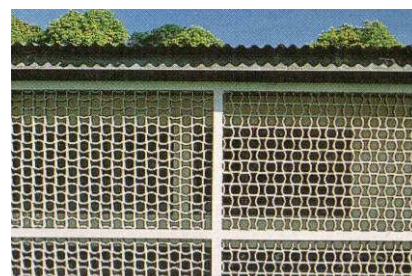


FIGURA 22 – DETALHE DOS ELEMENTOS
VAZADOS
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.247

A concepção arquitetônica do Centro de Saúde de Vila Amazonas foi estruturada a partir de necessidades funcionais e de otimização do conforto térmico dos interiores. Para tanto foram adotados princípios bioclimáticos como: largos beirais com a função sombreamento e proteção das chuvas, panos de elementos vazados que protegiam as fachadas e *brises* móveis nas janelas para proteger os ambientes internos da severa incidência de sol na região (FIGURA 23 e FIGURA 24). Esses elementos também eram importantes na configuração plástica da edificação (SEGAWA & DOURADO, 1997).



FIGURA 23 – CENTRO DE SAÚDE DE VILA AMAZONAS
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.248

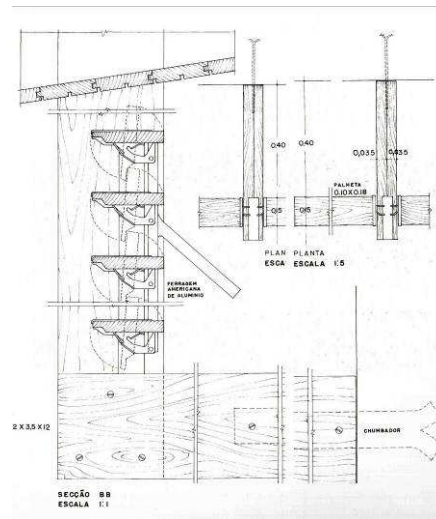


FIGURA 24 – DETALHE DO *BRISE* MÓVEL
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.249

A janela veneziana com palhetas móveis desenhada pelo arquiteto foi um dispositivo empregado em muitos dos edifícios de Serra do Navio e Vila Amazonas (FIGURA 25). O sistema havia sido desenvolvido para os alojamentos dos operários e foi aperfeiçoado para viabilizar sua produção em série (FIGURA 26). Mais adiante, o dispositivo tornou-se modelo corrente na região amazônica (SEGAWA & DOURADO, 1997).



FIGURA 25 – VISTA DA JANELA VENEZIANA COM PALHETAS MÓVEIS
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.254

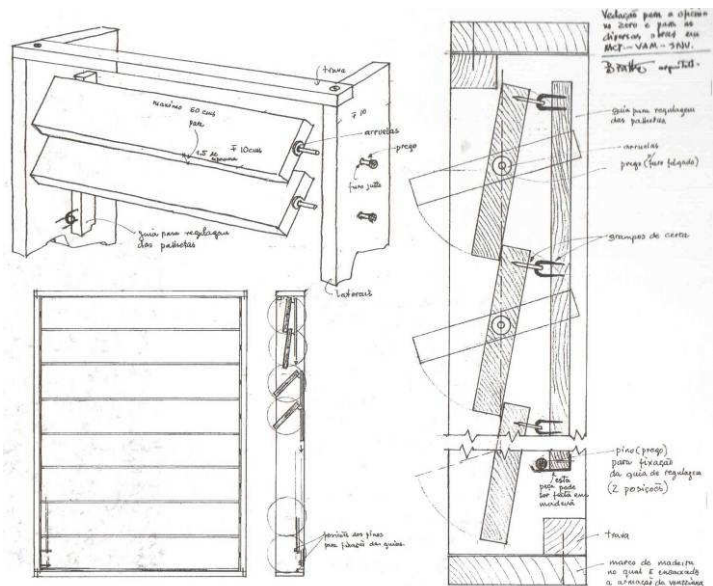


FIGURA 26 – DETALHAMENTO DA JANELA VENEZIANA COM PALHETAS MÓVEIS
FONTE: SEGAWA & DOURADO (1997), p.255

A seleção de materiais e sistemas construtivos foi baseada em fatores econômicos e empíricos. Assim, consideravam-se materiais com a possibilidade de fabricação no local ou facilidade de transporte, especialmente para os fechamentos e coberturas. As alternativas consideradas viáveis eram blocos de concreto e telhas de fibrocimento, apesar de deficientes enquanto isolantes térmicos (SEGAWA & DOURADO, 1997).

3.4.3 Affonso Eduardo Reidy

Affonso Eduardo Reidy é considerado um dos pioneiros da renovação da arquitetura no Brasil e, juntamente com Lúcio Costa e Oscar Niemeyer, responsável pela divulgação da arquitetura moderna brasileira internacionalmente. Reidy fez poucos projetos de habitação individual, sua participação foi relevante na esfera do serviço público. Sua atividade profissional corresponde ao período entre 1929 e 1964, entre a Revolução de 30 que levou Getúlio Vargas ao poder e o golpe militar de 1964. Nesse espaço de tempo, a arquitetura brasileira pôde contribuir para o projeto de desenvolvimento do país em meio a um processo de transformação estrutural da sociedade brasileira (BONDUKI, 1999).

Reidy desenvolve sua arquitetura a partir de duas origens, sendo elas a influência intelectual de Lúcio Costa e a incorporação de elementos da obra de Le Corbusier, pela combinação dos “cinco pontos para uma nova arquitetura” com soluções em sua obra. Apesar de, como tantos outros arquitetos, utilizar como referência as idéias de Le Corbusier, Reidy avançou em sua obra ao adaptá-las com propriedade às condições e realidades locais (MAHFUZ, 2003).

Bruand (1981) destaca a documentação a respeito de edifícios projetados por Reidy para abrigar serviços municipais no Distrito Federal. Na sua proposta a preocupação essencial diz respeito aos seguintes aspectos: iluminação uniforme, obtida por meio de janelas em toda a extensão do edifício; salas de trabalho com orientação para a face sul, em que o sol tem menor incidência no local; galerias de circulação externas, que funcionavam como marquises de proteção do sol; ventilação cruzada para reduzir o calor com as correntes naturais de ar. Evidencia-

se, portanto, a preocupação de Reidy em adequar a edificação ao meio físico, usando a própria arquitetura para promover boas condições de conforto (FIGURA 29).

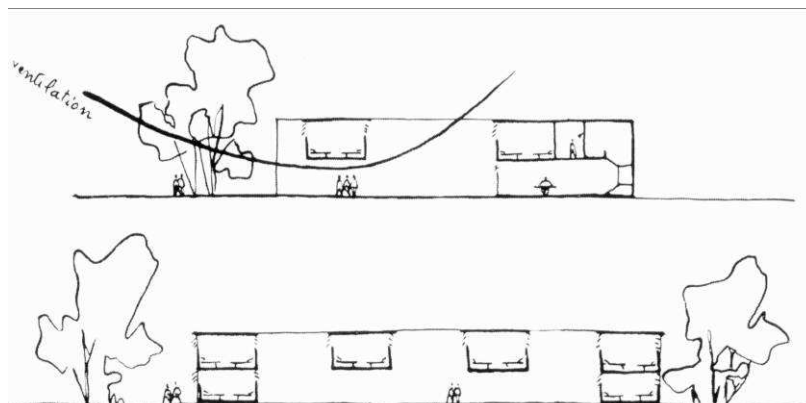


FIGURA 29 - CROQUI COM ESQUEMA DE VENTILAÇÃO DO ALBERGUE DA BOA VONTADE, 1931

FONTE: BONDUKI (1999), p.38

No projeto da sede da prefeitura do Distrito Federal, o arquiteto propôs janelas no sentido horizontal para promover iluminação e ventilação abundantes, necessárias em um espaço de trabalho (FIGURA 30). Tais faces com grandes janelas deveriam estar orientadas de forma que o sol da tarde não incidisse sobre elas, pois seria insuportável naquele clima.

As figuras I e II nos mostram dois compartimentos de idênticas dimensões. Na figura I vêem-se janelas no sentido horizontal de parede a parede; na figura II, janelas comuns, no sentido vertical. A superfície envidraçada é a mesma para os dois compartimentos (...). Para que uma sala seja convenientemente arejada é preciso que nela o ar se renove continuamente. Para tal é necessário que na parede oposta à das janelas, ou nas adjacências, sejam feitas aberturas que permitam a tiragem do ar viciado (...). (REIDY, 1932 in BONDUKI, 1999, p.40).

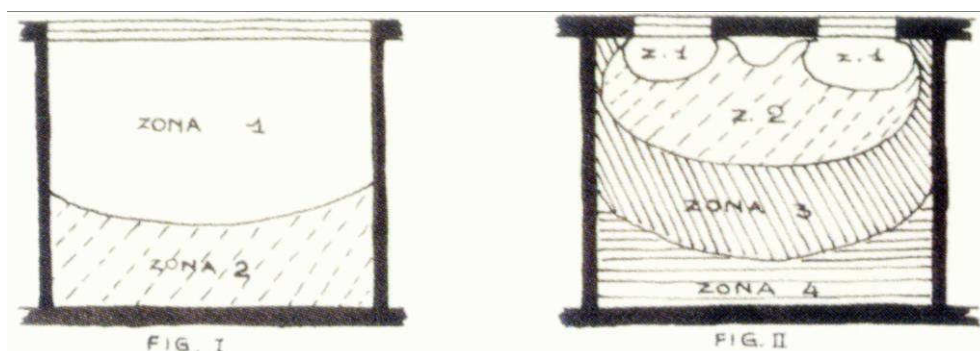


FIGURA 30 - CROQUI COM ESQUEMA DE JANELAS E VENTILAÇÃO

FONTE: BONDUKI (1999), p. 40.

Na área de habitação, Reidy é conhecido pelos projetos do Conjunto Residencial de Pedregulho - projetado em 1946 e construído entre os anos de 1947 a 1958 - e do Conjunto Residencial da Gávea - projetado em 1952. O Conjunto Residencial de Pedregulho apresenta, entre outras, preocupações funcionais: exposição favorável, controle da luz, ventilação contínua (BRUAND, 1981).

No memorial do projeto do Conjunto Residencial Pedregulho transcrito por Bonduki (1999), Reidy e Portinho (s/d) descrevem soluções arquitetônicas adotadas nos blocos de habitação em consideração às condições do clima do local, de forma a evitar o uso de ventilação mecânica e iluminação elétrica permanente. Para tanto, foram adotados corredores de circulação externos, arejados, para onde também se abrem as cozinhas, permitindo que sejam iluminadas e ventiladas (FIGURA 31 e FIGURA 32).



FIGURA 31 – CONJUNTO RESIDENCIAL PEDREGULHO, 1946
FONTE: BONDUKI (1999)



FIGURA 32 – CORREDORES DE CIRCULAÇÃO EXTERNOS
FONTE: BONDUKI (1999)

No memorial há ainda um tópico específico em que Reidy e Portinho discorrem sobre as soluções de ventilação e insolação. Para permitir uma ventilação adequada de todo o conjunto foram propostas construções sobre pilotis. Também foram adotados dispositivos de proteção solar (quebra-sol) de diferentes tipos nas faces de insolação demasiada, sendo que a definição do modelo dependia da orientação. Com o mesmo objetivo de proteção solar, foram usadas venezianas de madeira em determinadas faces. Procurou-se ainda empregar a ventilação cruzada sempre que possível (Reidy e Portinho, s/d in BONDUKI, 1999).

Os elementos vazados de cerâmica usados nas fachadas (Bloco A), além de ter um forte caráter plástico, possibilitavam a filtragem da luz, ventilação permanente e proteção do sol (FIGURA 33). Observa-se a semelhança compositiva e do uso desses elementos com o projeto de Lúcio Costa para o Residencial do Parque Guinle.

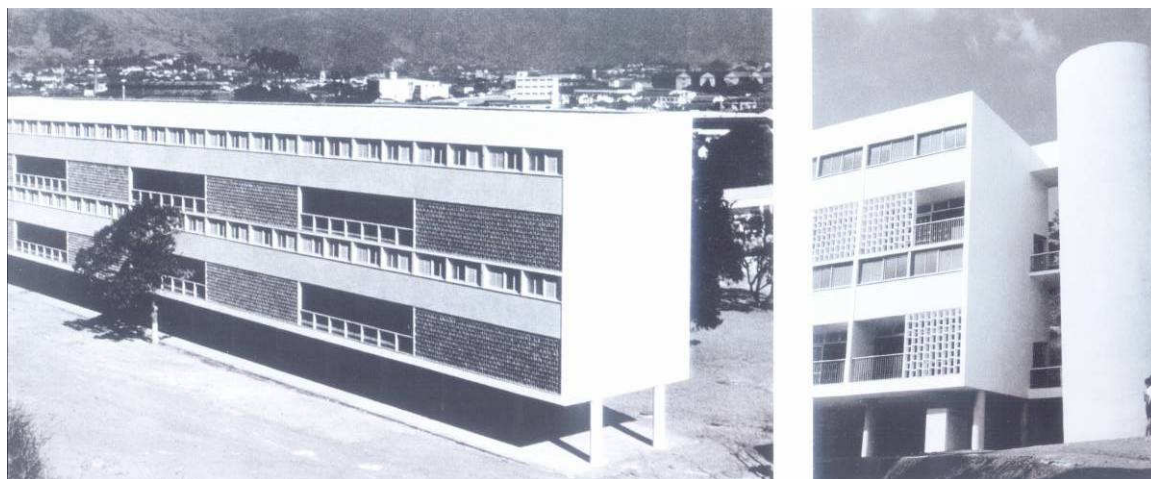


FIGURA 33 - ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR
FONTE: BONDUKI (1999), p. 94

3.4.4 Rino Levi

Em 1925, Levi afirma que “pelo clima, pela nossa natureza e costumes, as nossas cidades devem ter caráter diferente das da Europa” (LEVI, 1925 *apud* ANELLI; GUERRA; KON, 2001, p. 50). Considera-se que o partido arquitetônico de integração física com a natureza, representada no interior da casa como jardim, é a mais importante contribuição de Levi para o modernismo brasileiro (ANELLI, GUERRA e KON, 2001).

O estudo de Rahal (2006) abrange projetos de residências do arquiteto Rino Levi em diversos locais do país. As residências foram projetadas para condições climáticas peculiares e distintas da cidade de São Paulo – onde se concentra a produção do arquiteto. Como estratégia de análise foram utilizadas as recomendações construtivas da época em que as obras foram construídas, sugeridas por autores contemporâneos a Rino Levi e um parâmetro atual, a NBR

15220: Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005). Tal procedimento permitiu verificar a adequação dos projetos de Levi às recomendações da época e aos critérios brasileiros atuais de adaptação climática e desempenho térmico. Ao final, avaliou-se que as soluções construtivas propostas para cada local diferem entre si e estão de acordo com as recomendações de conforto térmico apresentadas nos estudos da época bem como com a maior parte das diretrizes da norma atual de desempenho térmico.

De acordo com a autora, observa-se a preocupação de Levi com o conforto ambiental nos detalhes e especificações dos projetos executivos dessas residências. A utilização de elementos vazados e de pérgulas protege contra a incidência direta do sol e possibilitam a abertura total para a natureza, representada pelos jardins. Há detalhes de mecanismos de ventilação cruzada e de ventilação de armários para locais com alto grau de umidade. Para o clima frio, há especificação para instalação de calefação (RAHAL, 2006).

Anelli; Guerra e Kon (2001) observam também a utilização de paredes duplas para proteger o espaço interno das variações de temperatura e umidade. Desse recurso era explorado também o aspecto plástico – as janelas eram alinhadas pelas faces das paredes internas, resultando a espessura da parede dupla para a face externa. Essa espessura possibilitava o sombreamento das aberturas em algumas condições de insolação e ainda, o realce dado à espessura da parede reforçava o sentido de massa do volume.

A partir da década de 1940, Rino Levi desenvolveu nos projetos de residências soluções para proporcionar intimidade e a relação da edificação com a natureza, concretizadas principalmente na forma de pátios internos que abrigam jardins. Há a priorização do interior sobre o exterior e as casas são articuladas com os espaços externos, divididos em setores social, íntimo e de serviço (BRUAND, 1981; RAHAL, 2006). De modo geral, cada um desses setores se abre para um jardim. São representantes dessa caracterização as residências: do próprio arquiteto (1944), Milton Guper (1951), Paulo Hess (1953) e Castor Delgado Perez (1958), sendo que estavam localizadas em loteamentos com a mesma característica de ocupação urbana - grandes lotes em ruas resguardadas dos bairros-jardins de São Paulo (RAHAL, 2006).

É na residência do arquiteto, construída em 1944 em São Paulo, que se dá a utilização deste partido projetual pela primeira vez. Nela Levi procura estabelecer

uma relação estreita entre natureza e arquitetura por meio da vinculação entre edificação e jardins (FIGURA 34 e FIGURA 35). Assim, foram gerados três pátios internos, para os quais se abrem os ambientes, gerando espaços isolados da rua. Levi também propõe um corredor aberto, protegido apenas por um *brise-soleil* de concreto, nos dois lados da casa que se limitam com o jardim principal. Dessa maneira, o corredor é arejado e protegido (BRUAND, 1981).



FIGURA 34 - VISTA DO JARDIM DA RESIDÊNCIA RINO LEVI
FONTE: ANELLI; GUERRA; KON (2001), p. 94

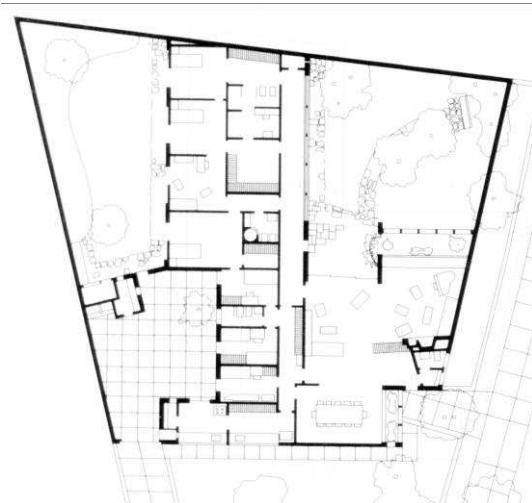


FIGURA 35 - PLANTA DA RESIDÊNCIA DO ARQUITETO RINO LEVI
FONTE: ANELLI; GUERRA; KON (2001), p. 94

Entre a sala e o jardim também há um plano de elementos vazados de concreto, afastado dos vidros, que filtra o excesso de insolação proveniente da orientação noroeste (ANELLI; GUERRA; KON, 2001).

A vegetação foi estudada por Burle Marx, servindo de complemento à arquitetura. Os materiais utilizados compreendiam telhas onduladas de fibrocimento, elementos vazados de concreto, tijolo aparente em alguns pontos e revestido em outros (BRUAND, 1981).

Na análise deste projeto realizada por Rahal (2006), conclui-se que, de acordo com os parâmetros da época para a cidade de São Paulo, apenas as salas seguem a orientação recomendada. Com respeito aos critérios da norma atual NBR 15220, são inadequados o dimensionamento da abertura para ventilação da cozinha e o sistema construtivo para vedações externas, com exceção do sistema de cobertura das salas.

Na residência Milton Guper (1951/52) em São Paulo, há um aperfeiçoamento da aplicação dos mesmos conceitos utilizados na casa do arquiteto (FIGURA 36). Os elementos vazados se afastam completamente dos vidros e tornam-se pérgula e paredes de divisa. Considerada inovadora, a pérgula de concreto armado proporciona a expansão da sala pela inclusão do jardim em seu interior, além de luz, sombra e a contribuição plástica (ANELLI; GUERRA; KON, 2001; BRUAND, 1981) (FIGURA 37).



FIGURA 36 – VISTA DA FACHADA DA RESIDÊNCIA MILTON GUPER
FONTE: ANELLI; GUERRA; KON (2001), p. 95



FIGURA 37 – VISTA DO JARDIM SOB A PÉRGULA DO PÁTIO SOCIAL
FONTE: CAV-PUCCAMP apud RAHAL; BASSO (2005), p.1585

Essa solução é considerada adequada em relação às recomendações da época, pois a pérgula e a orientação nordeste da sala de estar proporcionam a amenização dos raios solares, e os vidros a proteção dos ventos dominantes do inverno. A solução também está de acordo com a norma atual, em que consta a estratégia da correta orientação das superfícies envidraçadas, que pode contribuir para otimizar o aquecimento no período frio, já que nesse período há incidência do sol com maior intensidade no ambiente da sala (RAHAL, 2006).

A proposta da norma inclui ainda a estratégia de ventilação cruzada. Neste projeto observa-se a preocupação de Levi com a umidade e os prejuízos causados por ela em vários aspectos da obra. Há ventilação cruzada em todos os cômodos, sistema que foi otimizado com a colocação de grelhas na laje da circulação e nas paredes opostas às aberturas dos dormitórios (RAHAL, 2006). O dimensionamento das aberturas também está de acordo com as recomendações da norma.

As divisões internas entre os dormitórios foram executadas com móveis ao invés de alvenaria (FIGURA 38). Nos dormitórios, os armários têm o fundo revestido por uma camada de lã de vidro, permitindo maior flexibilidade e procurando assegurar o isolamento acústico (BRUAND, 1981). Os armários dos dormitórios e da cozinha são providos de furos e aberturas para ventilação, visando combater os danos causados pelo excesso de umidade. Há desenhos detalhados do mobiliário, que evidenciam a preocupação do arquiteto com as recomendações da época, que consideravam os problemas causados pela neblina e pela garoa (RAHAL, 2006).

As vedações externas não seguem os parâmetros da norma. Apesar de não serem adequadas, comprova-se, por meio da análise do memorial descritivo, a utilização consciente do tijolo furado como material isolante (RAHAL, 2006).

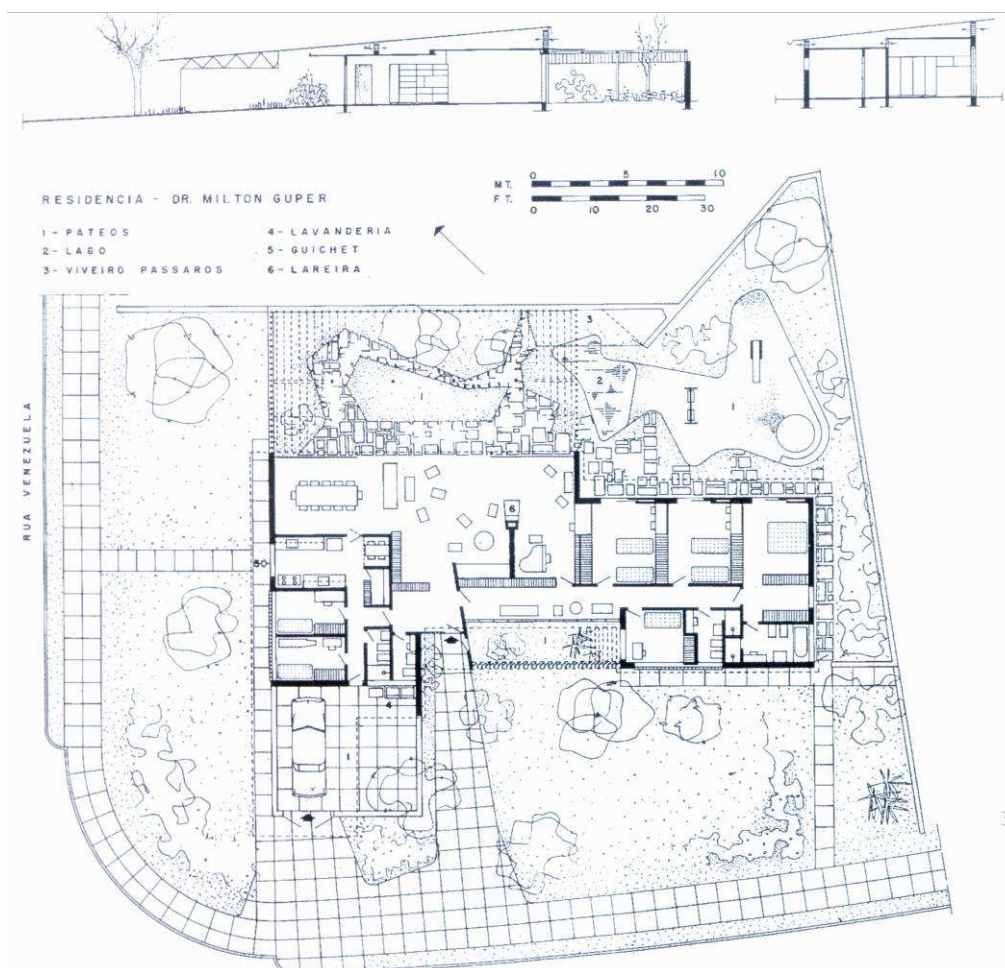


FIGURA 38 - CORTES E PLANTA DA RESIDÊNCIA MILTON GUPER
FONTE: ANELLI; GUERRA; KON (2001), p.164

A residência Paulo Hess (1953), em São Paulo, não comporta pátio interno, mas, como nas obras anteriores, são contemplados tanto a intimidade quanto o contato com a natureza (FIGURA 39). A vegetação forma uma cortina entre a fachada principal e o muro, com o objetivo de neutralizar a proximidade da rua, criar um ambiente de descanso e valorizar o ambiente da casa.

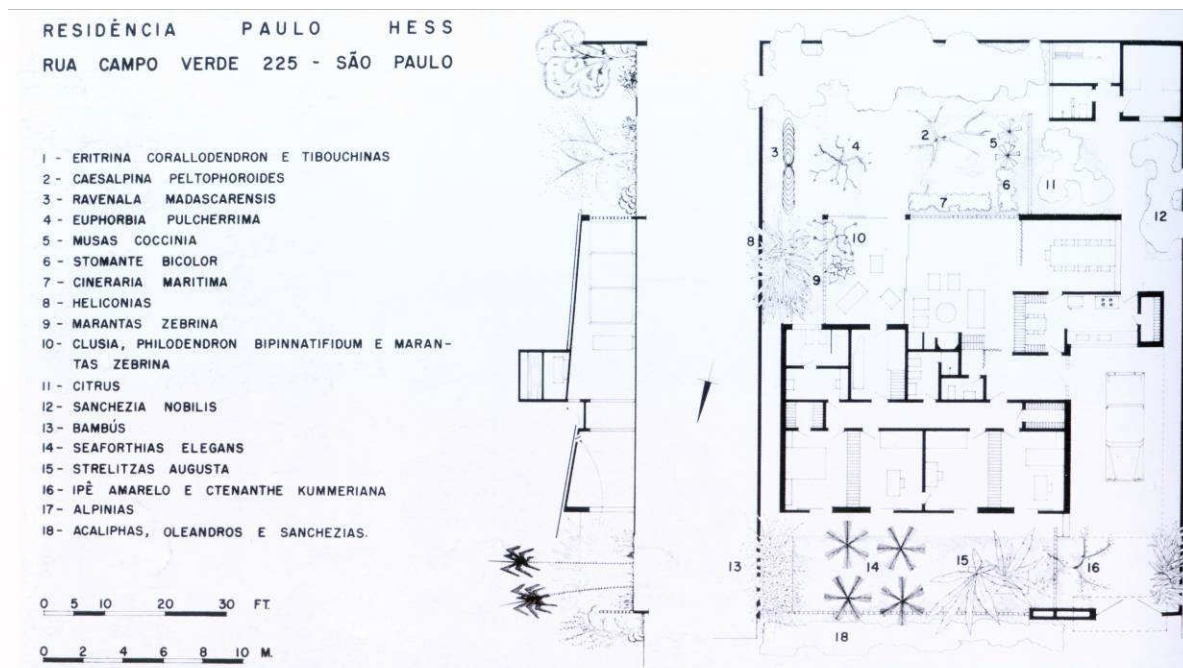


FIGURA 39 - PLANTA E CORTE DA RESIDÊNCIA PAULO HESS
FONTE: ANELLI; GUERRA; KON (2001), p.166

Entre a sala de estar e o jardim há uma varanda por meio da qual penetra a vegetação. Elementos vazados retangulares de concreto pré-moldado são utilizados para a armação transparente das paredes externas (FIGURA 39). Esses dispositivos protegem do excesso de insolação no verão, sendo que esta era uma das recomendações da época. Apesar disso a orientação da sala não atende aos estudos de conforto térmico da época pois recebe pouco sol nos meses de inverno. Já a orientação dos dormitórios e da cozinha está adequada (RAHAL, 2006).

A recomendação da norma é atendida quanto à necessidade de ventilação cruzada - todos os ambientes têm essa possibilidade, sendo que há vários dispositivos para tanto, como, por exemplo, grelhas de ventilação nos dormitórios. O mobiliário, tal como na residência Milton Guper, também é provido de furos para ventilação (RAHAL, 2006).



FIGURA 40 - VISTA DO INTERIOR DA SALA E DA VARANDA LATERAL DA RESIDÊNCIA PAULO HESS
FONTE: ANELLI; GUERRA; KON (2001), p.167

Na residência Castor Delgado Perez (1958/59) a proposta de um pátio junto ao jardim interno sob uma pérgula representa o ponto máximo de uma evolução. Os ambientes da residência são distribuídos em torno de quatro jardins – um para os serviços, um para os dormitórios e dois principais no centro para onde se abrem as salas. A sala é um grande espaço totalmente aberto para dois jardins cobertos com pérgulas, propiciando a continuidade interior-exterior (BRUAND, 1981; RAHAL, 2006) (FIGURA 41).



FIGURA 41 - VISTA DA SALA INTEGRADA AOS JARDINS, RESIDÊNCIA CASTOR PEREZ
FONTE: ANELLI; GUERRA; KON (2001), p.235

A combinação entre painéis de vidro, o pergolado e a disposição dos ambientes está de acordo com a estratégia recomendada pela norma atual – nos meses de inverno as superfícies envidraçadas permitem o aquecimento solar, também pela orientação adequada. No verão, há a possibilidade de ventilação cruzada pela abertura total das portas e, as pérgulas e a vegetação proporcionam a amenização da incidência direta do sol (RAHAL, 2006) (FIGURA 42).

Segundo Rahal (2006), esta residência é a que apresenta maior adequação, tanto aos parâmetros de conforto térmico difundidos no período em que foi projetada quanto às recomendações na norma atual de desempenho térmico de edificações.

Observa-se também o cuidado de Levi com a iluminação natural. Na cozinha, o arquiteto propôs a distribuição das janelas em duas alturas: sobre a bancada, de modo a propiciar a incidência de luz sobre o plano de trabalho, e junto ao forro, propiciando luz de forma difusa para o ambiente (FIGURA 43).



FIGURA 42 - VISTA EXTERNA DA RESIDÊNCIA
CASTOR PEREZ
FONTE: ANELLI; GUERRA; KON (2001), p.234



FIGURA 43 - VISTA DA COZINHA
FONTE: ANELLI; GUERRA; KON
(2001), p.236

Nessas edificações não havia um esquema estilístico pré-estabelecido, o que demonstra a flexibilidade do racionalismo na resolução de problemas diversos. Exemplo disto é a casa de Olivo Gomes (1950-1953), próxima a São José dos Campos. Isolada no campo, sem as restrições das obras urbanas, a residência foi concebida aberta para o exterior e contempla vários aspectos do Movimento Moderno. Foram utilizados blocos puros, pilotis, paredes de vidro protegidas por

telhados e grandes beirais, terraço em balanço, cerâmicas murais e jardim, projetado por Burle Marx, que exercia um papel de transição com o contexto natural (BRUAND, 1981).

3.4.5 Lúcio Costa

No conjunto residencial do Parque Eduardo Guinle, construído entre 1948 e 1954 no Rio de Janeiro, Lúcio Costa estabelece um vínculo entre edifícios modernos, representativos da obra de um discípulo de Le Corbusier, e a tradição local (BRUAND, 1981).

Originalmente, a proposta de Lúcio Costa era de seis prédios, porém cumprir esse programa não foi possível principalmente porque a melhor localização – nas proximidades do acesso e com vista para o parque, implicava em problemas climáticos. Apenas três prédios foram construídos, ainda assim com a impossibilidade de conciliar a vista para o Parque com a orientação favorável (GUERRA, 2005; BRUAND, 1981).

Em um dos blocos, o Nova Cintra, Lúcio Costa abriu a fachada principal, em que se situavam os ambientes de estar, para a face sul, orientação adequada para a cidade do rio de Janeiro. Esta face era voltada para a rua e sua fachada era totalmente de vidro.

Os dois outros blocos, Bristol e Caledônia, perpendiculares ao primeiro, tinham a fachada principal para a face oeste, com a intenção de proporcionar e vista do Parque Guinle e sua vegetação exuberante. No Rio de Janeiro, a preocupação maior é com as fachadas orientadas a oeste, pois as temperaturas do ar são usualmente mais altas no período da tarde, quando estas faces são ensolaradas. Tal fato exigia um dispositivo de proteção solar sem, no entanto, interferir na visibilidade para o exterior (BRUAND, 1981; GUERRA, 2005).

Na solução elaborada por Lúcio Costa, há um espaço intermediário de profundidade variável entre o vidro que fecha os cômodos principais e o limite externo do edifício, que formam pequenas varandas de climatização, as *loggias* (GUERRA, 2005). O fechamento externo é feito com dispositivos de proteção solar

fixos. Os *brises-soleil* e os elementos vazados eram os sistemas proteção contra o excesso de insolação nas fachadas orientadas a oeste. Além desta função, esses elementos também estabeleciam um vínculo entre passado e presente e determinavam a unidade do conjunto (BRUAND, 1981).

Para os *brises-soleil* foram propostos dois modelos, um formado por planos verticais formando um ângulo de 45°, cujas origens evocam o repertório contemporâneo; e outro formado por elementos vazados de cerâmica, com desenhos variados, resultando em um aspecto rendilhado que remete à arquitetura árabe que teve fortes influências em Portugal e no Brasil colonial (BRUAND, 1981).

Nesta obra, os princípios defendidos por Le Corbusier são aplicados de forma rigorosa. Isso é percebido na coerência das soluções funcionais que determinaram a concepção plástica final, nos volumes geométricos puros dos blocos, na regularidade das proporções modulares e na preocupação com o equilíbrio da composição. Mas há algo além, Lúcio Costa elabora uma versão original e autêntica brasileira, ao englobar na obra outras qualidades, entre as quais a vinculação proposital com a tradição local sem prejuízo do caráter contemporâneo (BRUAND, 1981).

A principal síntese entre modernidade e tradição observável no conjunto residencial do Parque Guinle está nas loggias – o espaço de climatização entre os cômodos principais e a trama da fachada –, que, ao mesmo tempo em que atualiza as tradicionais varandas que se abrem à frente dos cômodos principais das casas rurais e urbanas do período colonial, traduz para o contexto brasileiro a solução das loggias brise-soleil desenvolvida por Le Corbusier. A proximidade de ambas as soluções encontra-se na dupla função, integradas e complementares, que cumprem – proteger os cômodos internos do edifício da incidência dos raios solares e permitir ampla visão da paisagem externa. Mas divergem em pontos fundamentais, tanto no aspecto construtivo como no âmbito psicológico. A delicadeza dos elementos vazados cerâmicos utilizados no Parque Guinle resulta numa espécie de muxarabi renovado, que é “furado” de quando em quando por aberturas retangulares – memória das velhas janelas aonde se apóia para o desfrute da paisagem. A grande transparência da visão interior-exterior é antípoda à grande opacidade do olhar em sentido contrário, garantido algo muito caro ao arquiteto brasileiro: intimidade e relativo isolamento. [...] (GUERRA, 2005).

Apesar de o foco deste estudo estar em residências unifamiliares, é revisto aqui o projeto do Ministério da Educação e Saúde, do ano de 1936, pela importância deste edifício no cenário da arquitetura moderna brasileira e sua repercussão mundial. É considerado o ponto inicial da arquitetura moderna no país. O projeto foi elaborado por uma equipe da qual participavam, liderados por Lúcio Costa, Affonso Eduardo Reidy, Carlos Leão, Ernani Vasconcellos, Jorge Moreira e Oscar Niemeyer.

Participaram ainda, Le Corbusier com uma consultoria sobre o projeto e Roberto Burle Marx com o projeto paisagístico. Foram incorporadas na obra as soluções preconizadas por Corbusier, sobretudo os “cinco pontos da arquitetura nova” (SEGAWA, 1999; BONDUKI, 1999).

Os pilotis no pavimento térreo e a implantação no terreno são parte dessas idéias bem como soluções para proporcionar uma melhor ventilação do edifício. No memorial apresentado pela equipe, transcrito por Bonduki (1999), aparece a preocupação com soluções que propiciam melhores condições de iluminação e ventilação (A equipe do projeto, 1938 in BONDUKI, 1999). Tais soluções são empregadas na definição da orientação das salas de trabalho e no uso de cortinas de régua de madeira para graduar a área de entrada de luz natural.

A insolação foi estudada de modo acurado, para definir o sistema de *brise-soleil* de proteção de determinadas fachadas dos raios solares (A equipe do projeto, 1938 in BONDUKI, 1999).



FIGURA 44 – VISTA INTERNA DA FACHADA NORTE DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE
FONTE: NELSON KON *apud* ALMODÓVAR (2004)



FIGURA 45 – VISTA EXTERNA DA FACHADA NORTE DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE
FONTE: FRANCISCO J. MARTÍNEZ *apud* ALMODÓVAR (2004)

A fachada norte que recebe excesso de insolação é protegida com *brises-soleil* horizontais (FIGURA 44 e FIGURA 45). Já a fachada oposta, sul, que não recebe sol direto em nenhum período do ano, é composta por uma fachada de vidro. Essa solução propiciou a ventilação cruzada, realizada pela diferença de temperatura entre as duas fachadas, capaz de criar um deslocamento de ar no interior da edificação. Excetuando-se a existência de obstáculos, o ar atravessa a edificação e atenua o calor característico da cidade (FIGURA 46). Por este motivo, originalmente os espaços internos foram planejados com divisórias a meia-altura (SEGAWA, 1999).

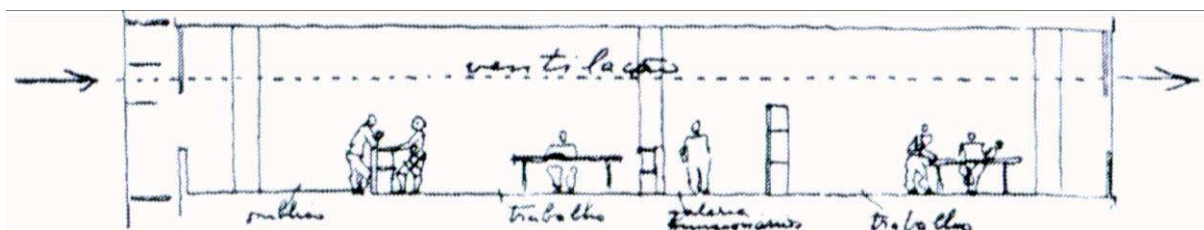


FIGURA 46 - CROQUI COM ESQUEMA DE VENTILAÇÃO
 FONTE: BONDUKI (1999), p.56

“Os sistemas de proteção mais conhecidos por nós são os de varandas e cortinas. (...)” (A equipe do projeto, 1938 in BONDUKI, 1999, p.55). Mas esses tipos foram considerados inadequados para o gênero de edifício que estava sendo concebido. E continuam (FIGURA 47):

Restava portanto uma única solução, o “brise-soleil” proposto por Le Corbusier para a Argélia. Consiste este sistema em uma série de placas adaptadas à fachada, a fim de protegê-la dos raios solares, em disposição a ser estudada de acordo com os casos apresentados. Tornava-se entretanto indispensável, uma vez que até então não fora usado este meio de proteção, elaborarmos estudos cuidadosos do tipo a ser empregado. A inclinação do sol e sua trajetória em relação à fachada ensolarada estavam a indicar que o sistema de proteção preferível deveria ser constituído por placas horizontais, pois, de outra forma, seríamos forçados a adotar vãos diminutos, acarretando perda de visibilidade. Por outro lado, verificamos que a adoção de placas fixas, se bem que pudessem resolver o problema de insolação, seria menos satisfatória no tocante à iluminação, pois, tendo sido calculada para dias claros, resultaria por força deficiente nos sombrios, obrigando o uso de luz elétrica em horas que outros prédios poderiam dispensá-la. Além disso, consideramos que, sendo a direção dos raios solares variável em relação à fachada, o melhor sistema de evitá-lo, deveria ser móvel. [...] (A equipe do projeto, 1938 in BONDUKI, 1999, p.56).

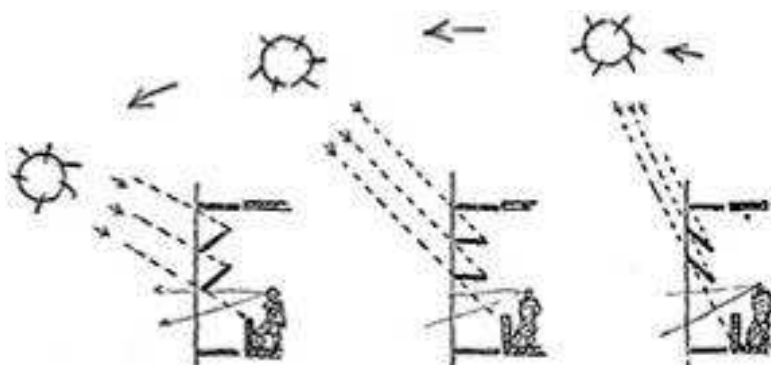


FIGURA 47 - CROQUI COM ESQUEMA DE BRISES
 FONTE: BONDUKI (1999), p.56

Após esta leitura de como alguns arquitetos do período moderno adequavam as edificações residenciais ao clima brasileiro, abre-se espaço para algumas questões: e no clima temperado, diferente do que se viu até agora, como era resolvida a questão da adequação da arquitetura ao meio físico? Havia a preocupação em adequar a arquitetura ao clima? E os elementos característicos do Movimento Moderno, como os *brises* e outros dispositivos de proteção solar, eram utilizados com tal função? Ou eram usados somente como elementos de composição?

3.5 ARQUITETURA MODERNA NO PARANÁ

As primeiras manifestações da arquitetura moderna no Paraná foram as obras de Frederico Kirchgässner no final da década de 20. As obras de Vilanova Artigas na cidade de Londrina e as obras realizadas pelo governo estadual para a comemoração do Centenário de Emancipação política do Paraná na década de 50, representam a consolidação dessa arquitetura (GONÇALVES, 2001).

3.5.1 Surgimento da Arquitetura Moderna em Curitiba

Considera-se que o período moderno em Curitiba tem início com a construção da Residência Frederico Kirchgässner em 1930 e se encerra com a implementação do Plano Serete – IPPUC em 1965 (GNOATO, 1997; IPPUC, 2003).

A casa que projetou para si em 1929 e para seu irmão Bernardo em 1936, são contemporâneas às obras de Gregori Warchavchick em São Paulo. Durante os anos 30, não houve em Curitiba registro de outras obras além das casas de Kirchgässner, pela má aceitação que tiveram. Assim, os anos 30 foram marcados pelo movimento *art déco*, que ocorreu em diversas cidades do Brasil (GONÇALVES, 2001).

A retomada da linguagem moderna em Curitiba ocorre na década de 40, quando Vilanova Artigas forma-se arquiteto na Escola Politécnica de São Paulo,

retorna e executa o projeto e construção de várias residências (GONÇALVES, 2001). O conjunto das residências abrange a de José Mehry (1941), de Joel Artigas, Carolo Bernardi, João Luiz Bettega, Inocêncio Vilanova Jr. e Álvaro Correa de Sá (XAVIER, 1985, p. XI). Em suas primeiras obras, foi influenciado pela arquitetura de Frank Lloyd Wright e, mais tarde assume a influência de Le Corbusier, visível na residência que projetou para João Luiz Bettega.

3.5.2 Vilanova Artigas em Londrina

A cidade de Londrina, em meados de 1940, tinha sua economia baseada no café, produto de alta rentabilidade. A administração política da época incentivava os investimentos na construção civil, no intuito de dar à cidade destaque nacional. É nesse cenário que no final da década de 40, são convidados Artigas e seu colaborador, Carlos Cascaldi, para desenvolverem projetos para uma série de edifícios de caráter público e privado na cidade de Londrina (GONÇALVES, 2001; SUZUKI, 2003). Foram estas as obras que introduziram o vocabulário da arquitetura moderna na cidade, em especial a Estação Rodoviária Municipal, o Cine Ouro Verde, o Ed. Autolon e a Casa da Criança (GONÇALVES, 2001). Nesse momento Artigas e Cascaldi iniciaram um período de uma série de trabalhos que se expandiram para toda a região norte do Paraná (SUZUKI, 2003).

A linguagem arquitetônica utilizada por Artigas nas obras em Londrina apresentava como características: estrutura de concreto armado, grandes vãos envidraçados, leveza e síntese das artes, consistindo na aplicação dos conceitos racionalistas. Além destas, foram realizadas no mesmo período outras obras, que estabeleceram uma nova paisagem para a cidade - moderna e coincidente com a idéia de progresso que se tinha na época (CASTELNOU NETO, 1999).

3.5.3 Centro Cívico Estadual

Desde a década de 1940 a idéia de um Centro Cívico era parte do plano urbanístico de Curitiba, então executado pela empresa Coimbra Bueno com participação de Alfred Agache. A localização no final da avenida Cândido de Abreu previa um espaço amplo para reunir os principais edifícios do governo do estado.

Com as comemorações do centenário de emancipação política do Paraná em 1953 surgiu a iniciativa por parte do então governador Bento Munhoz da Rocha, para a realização da obra do Centro Cívico Estadual. O projeto foi elaborado pela equipe formada por David Xavier de Azambuja em parceria com Olavo Reidig de Campos, Flávio Amílcar Regis e Sérgio Rodrigues. Pode ser considerada a obra mais importante do período pelo reconhecimento do poder público à nova arquitetura (XAVIER, 1985).

Juntamente com o Centro Cívico, o governo estadual iniciou várias obras em Curitiba, entre elas o Teatro Guaíra, Biblioteca Pública, Colégio Tiradentes, avenida monumental de acesso ao Centro Cívico, Praça do Centenário e Monumento do Centenário, pavilhões da Exposição Internacional do Café e Casa da Criança. Na época, o Norte do Paraná era importante gerador de riquezas para o Estado, com base na economia cafeeira. Porém, a população residente no norte tinha como centro urbano de referência a cidade de São Paulo. Este conjunto de obras teve o objetivo de estabelecer a capital do estado como centro político e administrativo do Paraná (GONÇALVES, 2003).

3.5.4 As residências projetadas por Ayrton Lolô Cornelsen

Nas décadas de 1940 e 1950, Ayrton Lolô Cornelsen projeta uma série de residências relevantes para a história da arquitetura de Curitiba. Apesar disso, essas edificações não possuíam um projeto arquitetônico formal, registrado com o traçado original do arquiteto, sendo a maior parte delas esboçada a partir das características do terreno e das necessidades dos futuros moradores (LINS, 2004).

Em meados de 1943, Lolô é presenteado por Alfred Agache com um livro – uma compilação das obras do arquiteto Le Corbusier (*Oeuvre Complète*) realizadas entre 1910 e 1929. Mesmo sem compreender as línguas contempladas no livro – francês, inglês ou alemão, e fazendo apenas uma leitura visual, a arquitetura aí apresentada impressionou e influenciou Cornelsen profundamente (LINS, 2004).

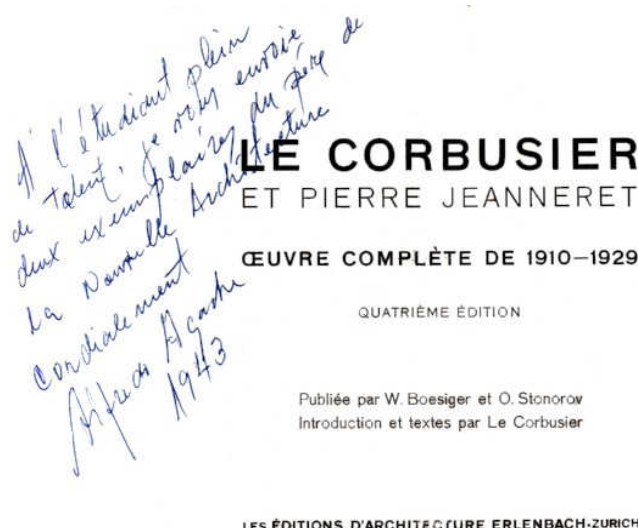


FIGURA 48 - LIVRO DE LE CORBUSIER PRESENTEADO POR AGACHE A LOLÔ CORNELSEN
FONTE: FUNDAÇÃO AYRTON LOLÔ CORNELSEN (2007)

Os conceitos propostos por Corbusier eram vistos por Lolô como a possibilidade de transformar a paisagem eclética de Curitiba, com belas e distintas casas. À margem do propósito revolucionário de Corbusier, Lolô passa a aplicar alguns dos conceitos modernos de um modo inusitado e descomprometido ideologicamente. Para ele, a reunião das novas idéias na construção de casas seria uma oportunidade de destacar-se entre os profissionais atuantes e provocar a sociedade (LINS, 2004).

No entanto, Cornelsen deparou-se com vários empecilhos para viabilizar a construção de casas modernas em Curitiba – limitações técnicas e o desconhecimento por parte da população da importância e necessidade da contratação de um arquiteto ou engenheiro para construir uma casa. Ainda, a nova arquitetura não agradava à sociedade curitibana, ela era vista como feia, reta, sem vida e como uma ameaça comunista (LINS, 2004).

Apesar disso, Lolô utilizou algumas das soluções características da arquitetura moderna, adequando técnicas locais na sua execução. As lajes de

concreto armado em terraços eram pouco utilizadas, especialmente pelo alto custo. O arquiteto buscava então solucionar a questão fazendo uso dos materiais disponíveis. Observa-se ainda em pesquisas anteriores que grande parte da inovação da sua arquitetura era proveniente de estudos sobre os movimentos do sol e o aproveitamento da luz natural (LINS, 2004).

O esboço dos seus projetos partia da satisfação de requisitos básicos de uma residência que envolviam conforto, distribuição funcional de espaços de modo a atender às necessidades de cada membro da família, além de boa iluminação e ventilação natural. Somente em alguns casos eram apresentados detalhes construtivos, decorrentes do desenvolvimento da obra e do contato com os proprietários (LINS, 2004).

Depois de ter projetado algumas residências, o trabalho do arquiteto passa a ser reconhecido - pela funcionalidade das suas obras e pela estética, agora aceita e valorizada pelas pessoas na época. As pessoas pediam para que ele fizesse um esboço do projeto e sugerisse detalhes decorativos, e a execução da obra ficava a cargo de outros profissionais. Ainda, não cobrava honorários pelos projetos, fato que também justifica a quantidade de serviços executados por ele.

Houve uma série de episódios em que as residências projetadas por Lolo foram consideradas símbolos da “modernidade e bom gosto paranaense” (LINS, 2004, p.67):

- a) publicação da residência Cleuza Cornelsen na revista Divulgação (novembro/1953) e referência na revista Guaíra;
- b) publicação de uma foto da residência René Pereira Alves no volume Paraná, em comemoração ao centenário de emancipação política do estado e;
- c) matéria especial sobre o desenvolvimento de Curitiba, na qual a primeira casa construída por Lolô aparecia como modelo de progresso.

Entre 1956 e 1961, Cornelsen assumiu serviços públicos associados à engenharia civil e deixou em segundo plano sua carreira de arquiteto. Nessa época, o arquiteto era bastante prestigiado na cidade e seu trabalho começava a ser reconhecido em outros estados.

3.5.5 Arquitetura dos engenheiros-arquitetos

No final da década de 1940, a economia de Curitiba tinha crescido com a expansão do café e a havia a ânsia para que a cidade fosse reconhecida como uma potência econômica e política. Investiu-se, então, em uma arquitetura moderna, de vidro e concreto (DUDEQUE, 2001).

Nos anos 50, arquitetos vindos de São Paulo desenvolvem projetos que colaboram para o desenvolvimento da arquitetura moderna paranaense. É o caso de Oswaldo Arthur Bratke, que executou projetos de residências, e de Adolf Franz Heep que, em parceria com Elgson Ribeiro Gomes, desenvolvem projeto de edifício para o antigo Ipase, vencedor de concurso privado. A atuação de arquitetos cariocas também foi relevante nesse período, entre os quais pode-se citar Ernani Vasconcelos e Sérgio Bernardes, sendo que ambos foram responsáveis pelo projeto de residências nas proximidades do Colégio Estadual do Paraná (XAVIER, 1985).

Nesse mesmo período a linguagem moderna é adotada pelo governo estadual nas obras realizadas para a comemoração do centenário de emancipação política do Paraná (GONÇALVES, 2001). Xavier (1985) coloca tal fato como o reconhecimento do poder público à arquitetura moderna.

E nessas obras, quais influências eram incorporadas pelos arquitetos? Costa (2002) realizou entrevista com Elgson Ribeiro Gomes, Romeu Paulo da Costa e Rubens Meister e investigou as influências que eram assimiladas pelos profissionais paranaenses. Segundo a autora, entre os arquitetos internacionais foram citados Le Corbusier, Walter Gropius, Mies van der Rohe e Frank Lloyd Wright; também a Bauhaus. Entre os brasileiros a atenção voltava-se para a produção de Lúcio Costa, Oswaldo Bratke, Rino Levi e Vilanova Artigas, assim como a obra de Niemeyer, esta vista pelos profissionais com alguma polêmica.

Ainda em meados dos anos 50, houve a contribuição – pequena, porém significativa - de um grupo de engenheiros paranaenses que se dedicaram à arquitetura. André Masini foi responsável pelo projeto de edificações bancárias. Leo Linzmeyer, engenheiro sanitário, destaca-se pelo projeto de residências, principalmente as localizadas na rua Carmelo Rangel. Relevante também é o trabalho realizado por Edmir D'Ávila – no projeto do Hipódromo do Tarumã, e por Giacomio Carlo Clausi, que realizou projetos de residências (XAVIER, 1985).

Entre este grupo destaca-se a vasta produção projetual de Rubens Meister. Professor no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e um dos fundadores do curso de Arquitetura da mesma universidade, pode ser considerado um dos precursores da arquitetura moderna paranaense (GONÇALVES, 2001). Da sua produção pode-se citar o projeto para o Teatro Guaíra. Considera-se que este projeto constituiu-se na primeira referência internacional da arquitetura paranaense, com sua publicação na revista *Architectural Record* (XAVIER, 1985). Gonçalves (2001) destaca ainda, juntamente com Meister, Romeu Paulo da Costa, que projetou a Biblioteca Pública do Paraná e vários arranha-céus em Curitiba. Foi também um dos fundadores do curso de Arquitetura da UFPR.

Em meados dos anos 1960, foram vários os acontecimentos que contribuíram para a transformação da arquitetura de Curitiba. Neste período a participação dos arquitetos passa a ser significativa e intensa. Determinantes nesse processo foram o surgimento do curso de Arquitetura da UFPR e a criação do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC), para o qual eram necessários profissionais que atuassem na área de planejamento. Há ainda, em igual ordem de importância, fatores de ordem econômica, política e cultural. A arquitetura moderna, fortemente influenciada por Le Corbusier, Niemeyer e Lúcio Costa, entre outros, passa a ser neste período apreciada pelos curitibanos (DUDEQUE, 2001).

Os arquitetos atuantes em Curitiba, por sua vez, seguiam as concepções da escola paulista em detrimento das idéias cariocas.

A formação da arquitetura moderna em Curitiba está vinculada à arquitetura paulista. O desenvolvimento da arquitetura paulista foi impulsionado a partir da década de 1940, com a chegada de um grande número de arquitetos estrangeiros e a instalação das faculdades de arquitetura do Mackenzie e da Universidade de São Paulo (SUZUKI, 2003).

Enquanto que a formação da linguagem moderna no Rio de Janeiro teve a influência de Le Corbusier, em São Paulo foi formada lentamente, com o trabalho de arquitetos como Rino Levi, Oswaldo Arthur Bratke e Vilanova Artigas. As características que aos poucos predominaram foram o rigor construtivo, a ênfase estrutural e um caráter austero, somando-se a elas o fechamento dos edifícios sobre si mesmos, já na década de 1960 (SUZUKI, 2003).

Na década de 1970, a influência dessa arquitetura chega ao auge em Curitiba, pois havia muitos profissionais vinculados a ela: paulistas migrados para Curitiba,

profissionais formados sob a influência paulista e estudantes interessados na produção arquitetônica de São Paulo (DUDEQUE, 2001).

3.5.6 Criação do curso de Arquitetura da Universidade Federal do Paraná

Em 1961 acontece a criação do curso de Arquitetura da UFPR. A organização do curso coube a professores da Escola de Engenharia, sendo que dela participaram: Rubens Meister, Romeu Paulo da Costa, Paulo Wendler, Samuel Chameki e Ralf Jorge Leitner (GNOATO, 1997).

Nas décadas de 1950 e início de 1960, o arquiteto Vilanova Artigas teve participação relevante no processo de formação dos arquitetos da USP e do Mackenzie. Alguns desses novos profissionais viriam a formar o corpo docente do curso de Arquitetura. Os paulistas formados pelo Mackenzie eram maioria entre os professores: Luiz Forte Netto, Roberto Luiz Gandolfi, José Maria Gandolfi - que não ministrava aulas e posteriormente Joel Ramalho Jr. Vieram também professores do Rio de Janeiro: Gustavo Gama Monteiro, José Genoino de Oliveira, Cyro Correa Lyra e Almir e Marlene Fernandes. Léo Grossman veio do Rio Grande do Sul, Marcos Prado e Armando Strambi vieram de Minas Gerais. Já estabelecidos em Curitiba, Elgson Ribeiro Gomes, Fernando Carneiro e Luiz Armando Garcez foram incorporados ao grupo de professores (GNOATO, 1997).

Apesar de fazerem parte do corpo docente professores cariocas e de outros estados, o grupo da escola paulista foi o que maior influência teve na formação dos novos arquitetos. Tal fato desperta a atenção pois, ao contrário de Curitiba, nas principais cidades brasileiras observa-se, em obras de destaque, a influência da linguagem moderna carioca. Em Curitiba, pode-se verificar a difusão dessa linguagem pelo paranaense David Xavier Azambuja, que buscou formação em arquitetura no Rio de Janeiro. Azambuja liderou a equipe do projeto do Centro Cívico Estadual em Curitiba (1951), formada também por Olavo Reidig de Campos, Flávio Amilcar Régis e Sérgio Rodrigues. Pode-se citar também o projeto do Teatro Guaíra, de 1948, de autoria de Rubens Meister, no qual referências formais à arquitetura do Rio de Janeiro são observadas (SEGAWA, 1999).

Nos anos seguintes, acontece a difusão da prática de concursos de arquitetura. A partir do Concurso do Plano de Brasília, realizado em 1957, acontecem inúmeros concursos públicos nacionais e internacionais, com participação expressiva dos arquitetos paranaenses (GNOATO, 1997; XAVIER, 1985).

Tendo recebido classificações e prêmios em vários desses concursos, o grupo paranaense passa a ser reconhecido no âmbito nacional. Inicialmente formado pelos arquitetos Luiz Forte Netto e José Maria Gandolfi, a equipe era composta por engenheiros e arquitetos que se formavam no curso de Arquitetura e estudantes que se destacavam (XAVIER, 1985).

No Paraná Forte e Gandolfi, associados a Fernando Moreira, vencem o concurso privado para o para o Clube Santa Mônica, em 1962. A partir disso, cresce a demanda de projetos aos arquitetos, de residências e obras de maior porte.

3.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

O QUADRO 2 a seguir apresenta uma síntese dos recursos arquitetônicos identificados na revisão bibliográfica sobre a arquitetura moderna brasileira e suas respectivas funções. Observa-se que muitos deles foram aplicados para propiciar conforto ambiental de forma passiva:

Solução arquitetônica	Função do elemento
<i>Brise-soleil</i>	Sombreamento com o objetivo de reduzir a incidência de sol; pode auxiliar na redução do uso de energia com sistemas de condicionamento térmico artificiais; elemento arquitetônico de composição plástica (FROTA, 2004); contribui na proteção contra ganhos térmicos provenientes da radiação solar (MARAGNO, 2000); utilização do sistema apenas com função estética (ATEM e BASSO, 2005), é por vezes pouco eficiente do ponto de vista ambiental (GONÇALVES, SANCHES e CAVALCANTE, 2006)
Elementos vazados	Proteção da insolação excessiva, filtragem da luz solar, ventilação permanente, privacidade, caráter plástico (SEGAWA e DOURADO, 1997)
Uso de venezianas e persianas	Regulagem da incidência de luz e insolação (SEGAWA e DOURADO, 1997)
Terraço-jardim	Transformação das coberturas em terraços habitáveis (BOESIGER, W.; GIRSBERGER, H., 1960)
Telhado inclinado	Permite um melhor escoamento das águas (BRUAND, 1981)

continua

conclusão	
Pilotis	Adaptação da edificação ao terreno (BRUAND, 1981); liberação total ou parcial do pavimento térreo (BRUAND, 1981); espaços ventilados e sombra (REIDY, 1955)
Planta livre	Possibilidade de maior diversidade dos espaços internos, bem como mais flexibilidade na sua articulação (BOESIGER, W.; GIRSBERGER, H., 1960)
Fachada livre	Liberação da fachada da função estrutural (BRUAND, 1981)
Janela em fita	Iluminação uniforme, obtida por meio de janelas em toda a extensão do edifício (BRUAND, 1981); vistas panorâmicas do exterior (BOESIGER, W.; GIRSBERGER, H., 1960)
Ventilação natural	Relativas aos aspectos de higiene dos usuários (IPT, 1988); diminuição do calor (BRUAND, 1981)
Beiral ventilado	Possibilidade de ventilação do vão entre o forro e o telhado (SEGAWA e DOURADO, 1997)
Pérgulas	Proteção contra a incidência direta do sol e abertura total da edificação para a natureza (RAHAL, 2006); luz, sombra e contribuição plástica (ANELLI, GUERRA, KON, 2001)
Parede dupla	Proteção do espaço interno das variações de temperatura e umidade (RAHAL, 2006)
Pátio interno	Proporcionar intimidade e a relação da edificação com a natureza (RAHAL, 2006)
Varanda de climatização (<i>loggia</i>)	Proteção contra o excesso de insolação (BRUAND, 1981)
Vegetação	Proteção de superfícies transparentes (COSTA, 1982); sombreamento e redução da carga térmica, da temperatura do ar e da evaporação (STAGNO, 2004), redução dos ruídos, filtro de ar para captação da poeira, elemento de proteção visual (OLGYAY, 1998)
Marquise	Sombreamento, proteção da chuva (BRUAND, 1981)
Revestimentos de mármore e azulejos	Resistência à deterioração provocada pela intensidade da insolação e pelas chuvas, riqueza decorativa (BRUAND, 1981)

QUADRO 2 – SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS CARACTERÍSTICAS DA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA E SUAS FUNÇÕES

Além da aplicação dos cinco pontos propostos por Le Corbusier, observa-se a variedade de soluções utilizadas pelos arquitetos para adequar a arquitetura ao clima brasileiro.

4 MÉTODO DE PESQUISA

4.1 MÉTODO DE PESQUISA ADOTADO

O método entendido como adequado para esta pesquisa é o estudo de casos múltiplos. Yin (2005, p.32) caracteriza um estudo de caso como “uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos”.

4.1.1 Escolha do método

Yin (2005) define três condições para a definição da estratégia de pesquisa, sendo elas: o tipo de questão de pesquisa proposta, a extensão de controle que o pesquisador tem sobre eventos comportamentais atuais e o grau de enfoque em acontecimentos contemporâneos em relação a acontecimentos históricos. Em relação à presente pesquisa, a análise destas condições é apresentada a seguir:

- a) o problema de pesquisa se detém em questões do tipo “o que” e “como”, tendo como objetivo identificar e analisar o que o período moderno trouxe de contribuições originais no tratamento do conforto ambiental em residências em Curitiba e ainda, como se procurava proporcionar aos ocupantes destas residências ambientes confortáveis gastando o mínimo de energia, utilizando somente soluções arquitetônicas.
- b) Não permite o controle sobre os eventos: neste estudo não se tem controle sobre os acontecimentos.
- c) Focaliza acontecimentos contemporâneos: conforto ambiental e eficiência energética são objetos de interesse atual, conforme a fundamentação teórica demonstra. Devido à delimitação temporal da pesquisa - período moderno - poderia ser considerada pesquisa histórica. No entanto, difere da pesquisa histórica pois, no caso deste estudo, há a possibilidade de

utilização da técnica de observação direta dos acontecimentos estudados e entrevistas das pessoas neles envolvidas, fontes de evidência que usualmente não são incluídas na pesquisa histórica (YIN, 2005). Ainda, a estratégia possibilita lidar com várias evidências como: documentos, artefatos, entrevistas e observações.

Groat e Wang (2002) destacam a característica da pesquisa qualitativa de não possuir uma teoria pré-definida ao dirigir-se ao objeto de pesquisa, e “viver” com as pessoas para quem um projeto é voltado para desenvolver relatos “densos” de como eles percebem as coisas.

Para se estabelecer a validade do constructo e a viabilidade da pesquisa, buscou-se seguir os passos sugeridos por Yin (2005):

- a) utilizar várias fontes de evidência, que neste estudo são as entrevistas, análise de documentos, observação direta e aplicação de questionário;
- b) criar um banco de dados para o estudo de caso, nesta pesquisa por meio de planilhas;
- c) manter o encadeamento de evidências, especialmente durante a coleta de dados.

4.1.2 Unidade de Análise

Nesta pesquisa, a unidade de análise são as residências.

4.2 DEFINIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

4.2.1 Critérios de seleção

As residências foram selecionadas com base nos estudos de Xavier (1985), Gnoato (1997), Dudeque (2001) e IPPUC *et al.* (2003a), que tratam da arquitetura moderna de Curitiba. Estes trabalhos abrangem obras representativas da arquitetura

moderna de Curitiba, assim classificadas a partir de valores arquitetônicos, históricos e de contexto urbano.

Considerando obras residenciais do período moderno, surgidas entre os anos de 1930 a 1965, estes estudos compreendem um conjunto de cerca de trinta residências, entre as quais cinco foram selecionadas.

Além do critério essencial de as residências serem obras representativas da arquitetura moderna de Curitiba, os critérios que influenciaram na definição das residências estudadas foram:

- a) disponibilidade de dados projetuais para serem analisados;
- b) possibilidade de visitação;
- c) concordância do proprietário em responder ao questionário;
- d) possibilidade e concordância dos autores das obras em responder a entrevista;
- e) concordância de proprietários e autores com a publicação dos resultados.

Os objetos avaliados nesta pesquisa são cinco edificações residenciais situadas na cidade de Curitiba. No contexto da arquitetura moderna de Curitiba, estas edificações são representativas e foram projetadas e construídas no período compreendido entre 1930 e 1965:

- a) Residência Frederico Kirchgässner, de autoria de Frederico Kirchgässner (1930);
- b) Residência Cleuza Lupion Cornelsen, de autoria de Ayrton Lolô Cornelsen (1949);
- c) Residência João Luiz Bettega, de autoria de João Batista Vilanova Artigas (1952);
- d) Residência Joaquim Franco, de autoria de Elgson Ribeiro Gomes (1953);
- e) Residência Mário Petrelli, de autoria da equipe formada por Luiz Forte Netto, Francisco Moreira, Roberto Luiz Gandolfi e José Maria Gandolfi (1964).

Dentre as obras, duas já foram demolidas, porém há dados disponíveis para analisá-las.

4.2.2 Delimitação dos estudos de caso

A pesquisa está delimitada à análise das contribuições no tratamento do conforto ambiental no que tange ao conforto térmico, insolação, iluminação natural e ventilação natural. Principalmente por uma decisão de restringir o escopo deste trabalho, a análise referente a ruído e acústica não foi aprofundada. Apesar de existirem influências entre esses aspectos, e por um peso provavelmente bastante menor do ruído urbano enquanto problema ambiental na época, pode-se considerar que o ruído não tem influência direta na unidade de análise.

4.3 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

Yin (2005) recomenda que a coleta de dados em um estudo de caso seja feita com múltiplas fontes de evidências, pois com isso são desenvolvidas linhas convergentes de investigação. Isto possibilita o processo de triangulação, e as descobertas ou conclusões podem ser mais convincentes e acuradas. Neste estudo, as técnicas utilizadas para a coleta de dados são: análise de documentos, observação direta, entrevistas (espontâneas) e questionário.

4.3.1 Estudos piloto

Foram selecionadas duas residências para os estudos piloto, visando o aprimoramento dos planos para a coleta de dados e a eficácia do método (YIN, 2005). O principal critério de seleção foi o fato de que o acesso aos locais foi facilitado por contatos prévios. Foram realizados em janeiro de 2007.

4.3.2 Revisão da literatura

Os tópicos abrangem os seguintes assuntos principais:

- a) identificação das soluções arquitetônicas para o condicionamento passivo utilizadas por arquitetos brasileiros atuantes no período estudado (Rino Levi, Oswaldo Bratke, Lúcio Costa, Affonso Eduardo Reidy, João Vilanova Artigas) para orientar o levantamento das estratégias utilizadas na arquitetura de Curitiba;
- b) levantamento e apontamento das estratégias adequadas para o clima de Curitiba (Norma de Desempenho Térmico e TRY);
- c) levantamento de documentação: projetos arquitetônicos, fotografias, dados sobre residências surgidas no período moderno em Curitiba.

4.3.3 Coleta de Documentação

Os materiais selecionados são provenientes, principalmente, das seguintes fontes:

- a) do estudo de Xavier (1985);
- b) do trabalho de Dudeque (2001);
- c) do estudo sobre preservação da arquitetura moderna de Curitiba desenvolvido por IPPUC *et al.* (2003b), que abrange os projetos arquitetônicos das residências;
- d) dos autores dos projetos e/ ou dos atuais proprietários das residências.

4.3.4 Leitura e análise do projeto arquitetônico

Esta etapa consiste na identificação de soluções arquitetônicas por meio da leitura e análise do projeto arquitetônico auxiliada por fotografias e por dados de outras pesquisas levantados na fase de revisão bibliográfica.

4.3.5 Entrevistas com autores dos projetos

Em sua pesquisa, Maciel (2006) fez uso do método da entrevista. A autora destaca que “através da entrevista a construção do conhecimento é baseada nas próprias impressões dos arquitetos do seu trabalho, experiências, valores e influências em seu contexto social” (p.47). Segundo Maciel (2006, p.79), “no início da entrevista, o entrevistado deve ser brevemente informado do propósito da entrevista, do uso de fita de gravação e por último, se existe alguma pergunta antes de começar a entrevista. Ainda, uma recapitulação sempre segue a descrição inicial, após a entrevista”.

Maciel coloca a importância de se estabelecer quais são os tópicos ou situações mais importantes a serem cobertos e enfatizados durante a entrevista. Sugere ainda o uso de um guia de entrevista para indicar os tópicos e suas seqüências na entrevista.

Com base no trabalho de Maciel (2006) e a fim de compreender se e como os arquitetos entrevistados integraram soluções de condicionamento passivo em sua prática projetual, especialmente no projeto das residências estudadas, foi estabelecido um roteiro apresentado a seguir:

- a) Residências projetadas no período estudado;
- b) O projeto da(s) residência(s) e questões de conforto ambiental e da adequação da arquitetura ao meio físico/ ao clima;
- c) O projeto das residências e soluções de condicionamento passivo;
- d) O projeto das residências e soluções formais;
- e) Influência de Le Corbusier e/ou de outros arquitetos modernos;
- f) Influência de tecnologias disponíveis na época;
- g) Uso de ferramentas específicas de projeto “bioclimático” como diagramas, cartas solares, estudos de insolação, entre outros;
- h) As solicitações do proprietário, durante o desenvolvimento do projeto em relação aos aspectos de conforto ambiental de sua futura residência.

O roteiro serviu principalmente para estabelecer os assuntos em pauta por se pretender uma conversa com os arquitetos. Os autores das obras foram entrevistados de acordo com sua disponibilidade, concordância com a entrevista e com a publicação dos resultados. Assim, os arquitetos entrevistados nesta pesquisa

foram Ayrton Lolô Cornelsen e Elgson Ribeiro Gomes. Estes profissionais são pioneiros nesta linguagem arquitetônica e desenvolveram intensa atividade profissional, com uma produção arquitetônica relevante e de qualidade.

4.3.6 Observação direta

Visitas às residências para:

- a) levantamento de dados arquitetônicos organizados em uma planilha;
- b) registro fotográfico;
- c) aplicação de questionário ao morador ou usuário da edificação.

4.3.6.1 Planilha de coleta de dados

As planilhas foram elaboradas para a coleta de dados arquitetônicos, servindo de roteiro para a etapa de análise dos projetos.

Na elaboração das planilhas, primeiramente foram definidos os aspectos a serem analisados, com base:

- a) nas recomendações construtivas da NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005);
- b) na fundamentação teórica (Olgyay, 1998; Izard e Guyot, 1983);
- c) no tratamento dado aos aspectos de conforto ambiental por arquitetos brasileiros atuantes no período moderno;
- d) nos estudos anteriores tratando de conforto ambiental e arquitetura moderna, principalmente na pesquisa de Rahal (2006).

Os dados arquitetônicos de cada edificação foram coletados e armazenados nas planilhas e compreendem: orientação da edificação, orientação dos ambientes para cada fachada, características das aberturas, características do invólucro (paredes externas, internas, cobertura), dispositivos de proteção solar, sistemas de sombreamento, obstruções externas, dispositivos de apoio, controle de ruído e

outros (distribuição dos compartimentos, espaços-tampão, uso da massa térmica do solo, vazios e uso de vegetação).

4.3.7 Questionário destinado aos usuários

Foi elaborado um roteiro de indagações com o objetivo de coletar dados sobre a percepção do morador ou do usuário quanto aos aspectos de conforto ambiental, referente aos meses de verão e de inverno. Os questionários foram direcionados por meio de uma conversa com um usuário ou morador da residência estudada.

4.4 ESTRATÉGIA DE VALIDAÇÃO

4.4.1 Validação interna

Para permitir a validação interna, é realizada uma triangulação entre os dados coletados e analisados nas várias fontes de evidência:

- a) análise de documentos;
- b) observação direta;
- c) entrevistas e/ ou aplicação de questionário.

4.5 ESTRATÉGIA DE ANÁLISE

Para garantir uma análise de alta qualidade, buscou-se no seu desenvolvimento seguir os princípios enunciados por Yin (2005):

- a) basear-se em todas as evidências: neste estudo busca-se analisar todas as evidências disponíveis, ao se realizar a análise dos projetos com base

- na documentação levantada; entrevista com os autores dos projetos, quando possível; observação direta; aplicação de questionário ao morador;
- b) abranger todas as principais interpretações concorrentes: considera-se os trabalhos anteriores que tratam da arquitetura moderna e apresentam resultados quanto à inadequação e ineficiência das soluções arquitetônicas de edificações do período;
 - c) dedicar-se aos aspectos mais significativos do estudo, concentrando-se na questão mais relevante: ou seja, nas contribuições originais no tratamento do conforto ambiental;
 - d) utilizar o conhecimento prévio de especialista.

Para a análise das contribuições no tratamento do conforto ambiental são utilizados:

4.5.1 As recomendações construtivas da NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005)

A NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2005) é composta de cinco partes, sendo que neste estudo é utilizada a Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. A norma estabelece a divisão do território brasileiro em oito zonas bioclimáticas, homogêneas quanto ao clima (FIGURA 49).

Para cada uma das zonas são colocadas uma série de recomendações construtivas para melhor adequação climática, que visam otimizar o desempenho térmico das edificações. Tais recomendações são aplicáveis na fase de projeto e compreendem diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo.

A formulação das diretrizes construtivas e o estabelecimento das estratégias foram efetuados considerando-se as condições e parâmetros a seguir:

- a) tamanho das aberturas para ventilação;
- b) proteção das aberturas;
- c) vedações externas (tipo de parede e tipo de cobertura) e

d) estratégias de condicionamento térmico passivo.

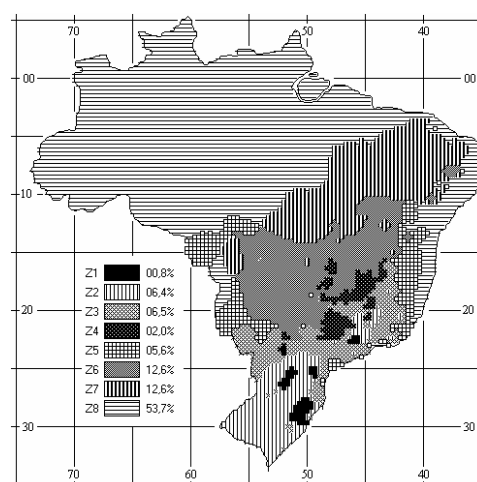


FIGURA 49 – ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO
FONTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (2003)

A cidade de Curitiba está localizada na Zona Bioclimática 1 e apresenta estratégias de condicionamento térmico passivo do tipo BC. A seguir, apresenta-se as diretrizes construtivas da norma para a zona 1.

No que se refere às aberturas e ao sombreamento, as recomendações são as seguintes:

- a) aberturas para ventilação médias, consideradas pela norma aquelas que tem entre 15% e 25% da área de piso de ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar);
- b) o sombreamento das aberturas deve permitir a incidência do sol durante o período frio.

Para as vedações externas, recomenda-se que (QUADRO 3):

- a) as paredes devem ser leves;
- b) a cobertura deve ser leve isolada.

Vedações externas		Transmitância térmica – U W/M².K	Atraso térmico – ϕ Horas	Fator solar - FSo
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FSo \leq 5,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FSo \leq 3,5$
Cobertura	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	$FSo \leq 6,5$

QUADRO 3 – TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, ATRASO TÉRMICO E FATOR DE GANHO SOLAR ADMISSÍVEIS PARA CADA TIPO DE VEDAÇÃO EXTERNA
FONTE: ADAPTADO DE NBR 15220 (ABNT, 2005)

Como estratégias de condicionamento térmico passivo para o inverno, são sugeridos o aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas, no intuito de se obter inércia térmica.

No detalhamento da estratégia B, sugere-se que o aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar pode ser feito por meio da consideração da forma, da orientação e da implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas. Também influencia no aproveitamento da radiação solar para o aquecimento dos ambientes a cor externa dos componentes.

O detalhamento da estratégia C recomenda a adoção de paredes internas pesadas que podem contribuir para a manutenção do aquecimento no interior da edificação.

Não são previstas na norma estratégias de condicionamento térmico passivo para o verão.

Aberturas e sombreamento	aberturas para ventilação médias
	o sombreamento das aberturas deve permitir a incidência do sol durante o período frio
Vedações externas	as paredes devem ser leves
	a cobertura deve ser leve isolada
Estratégias de condicionamento térmico passivo para o inverno	aquecimento solar da edificação
	vedações internas pesadas

QUADRO 4 - DIRETRIZES CONSTRUTIVAS DA NBR 15220
FONTE: ADAPTADO DE NBR 15220 (ABNT, 2005)

Embora destinada às habitações de interesse social, definiu-se a Norma de Desempenho Térmico como estratégia de análise por se tratar do parâmetro brasileiro de normalização disponível no momento de realização deste trabalho para o projeto de edificações adequadas ao clima local. Estudos anteriores adotaram a NBR 15220 para a análise de edificações com outras tipologias e características (ATEM e BASSO, 2005; RAHAL, 2006).

4.5.2 O programa de simulação Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

No intuito de estimar o calor e a luz provenientes da radiação solar, bem como verificar o sombreamento provocado pelos dispositivos de proteção solar, utilizou-se este programa de simulação. A incidência de luz solar direta foi verificada para as situações de solstício de verão e de inverno. Para cada um dos casos analisados, considerou-se ambientes de longa permanência - cozinha, dormitório, sala de estar.

O programa também foi utilizado na análise da incidência de luz solar difusa.

4.5.3 As considerações levantadas na fase de revisão bibliográfica

O uso dos dados levantados na literatura especializada são relevantes para complementar a análise:

- a) quanto ao tratamento dado por arquitetos brasileiros atuantes no período estudado;
- b) utilizando dados de estudos anteriores que tratam do conforto ambiental na arquitetura moderna.

4.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

No decorrer da pesquisa, foram encontradas limitações que se referem:

- a) à existência de registros históricos, facilitado pelo fato de existir, pelo menos, algum tipo de evidências (sejam elas pessoas, a obra em si, documentação);
- b) à ocorrência de alterações construtivas que descaracterizam o projeto original das obras;

- c) a análise da entrevista foi prejudicada pelo fato de a pesquisa abordar um período de tempo longínquo e os profissionais consultados, que se encontram atuantes, terem seu foco de trabalho modificado também pela passagem do tempo;
- d) à possibilidade de acesso às residências estudadas. A residência Joaquim Franco foi demolida em meados de 2007, antes da coleta de dados.

Apesar destas limitações, os dados disponíveis foram suficientes para verificar a existência de soluções arquitetônicas para o tratamento do conforto ambiental, que permitiram a aferição dos pressupostos.

5 RESIDÊNCIAS MODERNAS EM CURITIBA

Curitiba é a capital brasileira com o maior gradiente de temperatura anual. Entre os extremos de verão e inverno, a temperatura pode oscilar para além de 35° ou abaixo de 0° Celsius. Isso obrigou os arquitetos curitibanos a pensar suas criações arquitetônicas como baterias de calor no inverno e dissipadores de calor no verão. A solução mais comum é a tentativa de controle da luz solar. Em Curitiba, a face norte dos edifícios recebe maior incidência de luz solar nos meses próximos ao solstício de inverno, o período mais frio do ano, e nada recebe nos meses de verão. A face sul, ao invés, atravessa os invernos nas sombras para ser castigada nas horas mais quentes do ano, as tardes de novembro a janeiro. Para resolver este problema, os projetos arquitetônicos racionalistas em Curitiba costumam apontar os cômodos sociais, de uso esparsa, para o sul. Os dormitórios e os cômodos de permanência diária são apontados para o norte. (DUDEQUE, 2001, p. 146).

De acordo com IPPUC *et al.* (2003a), é na tipologia residencial que melhor se expressam as características predominantes na arquitetura do Movimento Moderno de Curitiba. Dudeque (2001) acrescenta que algumas das soluções arquitetônicas mais criativas surgiram em Curitiba na tipologia residencial.

A partir da análise de obras residenciais, a pesquisa de Dudeque (2001) trata da arquitetura de Curitiba e sua relação com as conjunturas culturais, políticas e econômicas do Paraná. Com relação à questão do clima observa que devido à grande variação da temperatura entre os meses de verão e inverno, os arquitetos curitibanos foram obrigados a incorporar na arquitetura elementos de captação de calor nos meses frios e dissipação nos meses quentes. O autor identificou que soluções para controlar a incidência de insolação são as mais utilizadas.

O trabalho realizado por IPPUC *et al.* (2003a) compreende estudos sobre preservação da arquitetura moderna de Curitiba, sob a coordenação do IPPUC, desenvolvido em conjunto com as Universidades e outras Instituições Públicas Municipais, Estaduais e Federais. O universo de pesquisa compreende cerca de trinta residências, sendo que várias delas foram projetadas e construídas após 1965.

O conjunto de soluções aqui analisado não esgota os dispositivos existentes, porém representa uma coletânea de diferentes tipos de soluções arquitetônicas, expressando a variedade de alternativas utilizadas pelos arquitetos. Além do resgate histórico, buscou-se analisar os elementos arquitetônicos não apenas de forma isolada e com características específicas, mas como parte de um conjunto - a arquitetura.

A coleta de dados de todas as obras incluiu documentos, projeto arquitetônico e dados de pesquisas anteriores. Foram realizadas visitas às residências existentes - Frederico Kirchgässner e João Luís Bettega acompanhadas dos proprietários que responderam a um questionário, e na Residência Petrelli acompanhada por uma funcionária que também respondeu a um questionário. Os dados da residência Cleuza Lupion Cornelsen, demolida em 1999, foram complementados com uma entrevista com o arquiteto Ayrton Lolô Cornelsen, proprietário e autor do projeto. A residência Joaquim Franco foi demolida no decorrer da pesquisa e a coleta de dados incluiu entrevista com o autor do projeto, Elgson Ribeiro Gomes.

As obras serão apresentadas em ordem cronológica.

5.1 RESIDÊNCIA FREDERICO KIRCHGÄSSNER (1930)

Esta obra é a manifestação que marca o início da arquitetura moderna em Curitiba. No período em que foi construída, entre 1929 e 1930, a residência causou impacto e rejeição por parte dos habitantes da cidade. Isso aconteceu porque o terraço-mirante era contrário à tradição construtiva de então que privilegiava a arquitetura de telhados inclinados e pequenas torres, o que fazia aumentar o contraste das residências de Kirchgässner com o que se produzia na cidade (IPPUC *et al.*, 2003a) (FIGURA 50 e FIGURA 51).



FIGURA 50 - CONSTRUÇÃO DA RESIDÊNCIA FREDERICO KIRCHGÄSSNER
FONTE: Arquivo do proprietário (192-)



FIGURA 51 - VISTA DA RESIDÊNCIA FREDERICO KIRCHGÄSSNER
FONTE: Arquivo do proprietário (193-)

Gnoato (1997) considera a edificação uma pequena obra-prima:

pela implantação e distribuição do programa, pelo cuidado na técnica de construção, pelos pórticos e pela utilização do terraço do último pavimento, e pelo requinte em que foram executados todos os detalhes da casa, das esquadrias ao mobiliário. (GNOATO, 1997, p. 71).

A técnica construtiva utilizada foi definida por Kirchgässner a partir de pesquisas na literatura estrangeira e correspondência com arquitetos europeus. Observa-se que na obra foram incorporados vários elementos e materiais da arquitetura moderna que eram utilizados na Europa na mesma época, como do construtivismo russo e da escola moderna alemã (GONÇALVES, 2001; LINS, 2004). Foi utilizada uma combinação de volumes cilíndricos e ortogonais, livre de ornamentos, a estrutura em alvenaria de tijolos e laje em concreto armado, que possibilitou a construção de área de terraço na cobertura (FIGURA 53).

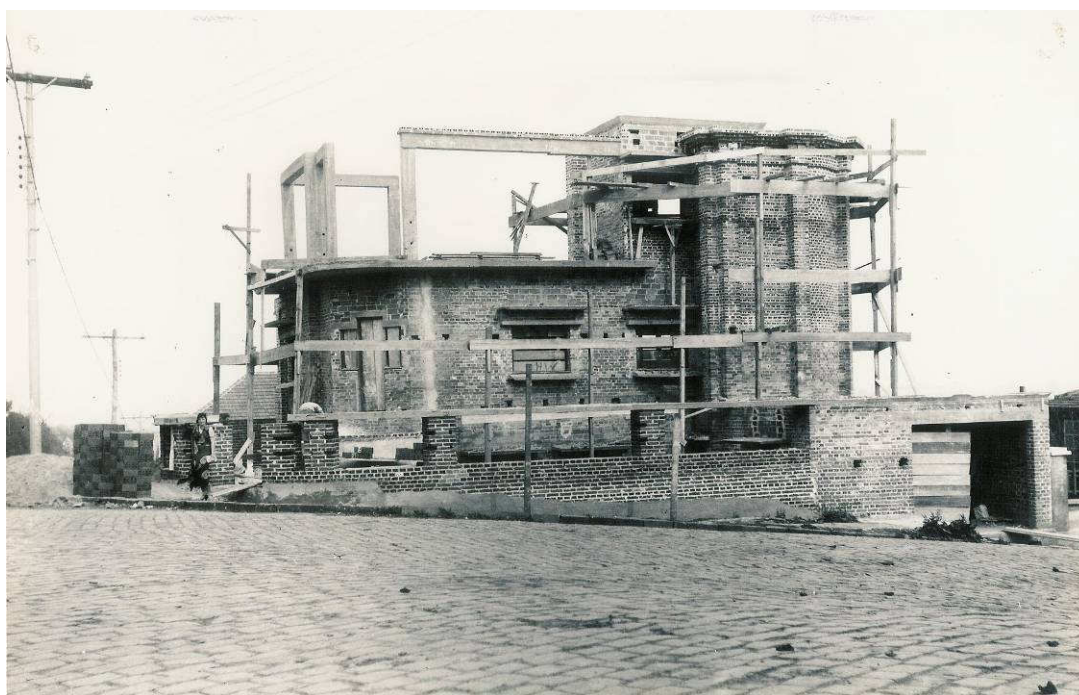


FIGURA 53 - CONSTRUÇÃO DA RESIDÊNCIA
FONTE: Arquivo do proprietário (193-)

Segundo Gnoato (1997), no intuito de melhorar o conforto térmico Kirchgässner utilizou paredes duplas de alvenaria e lajes duplas, estas também para melhorar a questão da impermeabilização. Também planejou elementos de alvenaria de proteção das esquadrias de madeira, com vidros grandes e contrapeso. Outro

detalhe é a marquise de ferro de proteção das portas. Para um dos terraços o arquiteto planejou *brises*. A preocupação se estende para o tipo de vegetação utilizada, tendo definido vegetação agreste, de pequeno e médio porte (GNOATO, 1997).

No início dos anos 50, Kirchgässner executa a reforma da casa, para ampliar os espaços de estar e utiliza-se de iluminação zenital.

A residência foi tombada pelo patrimônio estadual em 1991. Ainda com função residencial, a edificação está preservada, principalmente seu interior. Todos os móveis, desenhados por Frederico, encontram-se intactos, bem como as esquadrias, pintura e demais elementos da edificação. Externamente, há deficiência na manutenção e a pintura está desgastada.

5.1.1 Análise

A análise documental e leitura do projeto arquitetônico possibilitaram a identificação dos seguintes elementos característicos do período moderno e/ ou que podem ter sido projetados para propiciar melhores condições de conforto de forma natural, agrupados no QUADRO 5 abaixo:

Cobertura reta ou cobertura-terraço
Paredes duplas
<i>Brises-soleil</i>
Elementos de alvenaria de proteção das esquadrias de madeira
Iluminação zenital

QUADRO 5 – SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS
FONTE: GNOATO (1997); DUDEQUE (2001)

Foi realizada visita à edificação, acompanhada pelo proprietário atual, filho de Kirchgässner. Os dados arquitetônicos da residência foram reunidos no QUADRO 6 a seguir para serem analisados segundo os critérios estabelecidos anteriormente.

1. Obra:	Residência Frederico Kirchgässner
2. Autor do projeto:	Frederico Kirchgässner
3. Data do projeto/ construção:	1930
4. Estado de conservação:	tombada e preservada
5. Localização:	Rua Jaime Reis esquina com Rua Portugal

continua

continuação

6. Eixo de orientação	Aproximadamente Norte-Sul
7. Orientação	NNE: circulação vertical, suíte, atelier
	SSO: dormitório, escritório (hall atual)
	ESE: suíte, estar, jantar
	ONO: garagem, cozinha, banheiro
8. Paredes	Alvenaria de tijolos com dois furos (externas e = 30 a 50 cm; internas e = 20cm)
9. Cores	Externas atuais são mantidas iguais às antigas Salas de estar e jantar, atelier do primeiro pavimento, escritório: pintura na cor areia Cozinha: azulejos na cor branca; originalmente era revestida de pó de pedra Suíte: composição de roxo, verde e marrom Atelier da cobertura: roxo e areia Banheiro: pó de pedra na cor branca
10. Forro	Salas de estar e jantar, cozinha, dormitórios, hall e banheiro: estuque Anexo da cozinha: madeira (alçapão de acesso ao encanamento do banheiro)
11. Cobertura	Laje de concreto
12. Aberturas	Suíte: 3,6 m ² - área total, sendo: 1,68 m ² - uma folha de abrir com veneziana 1,92 m ² - duas folhas (janela de canto) de abrir com veneziana
	Dormitório: 1,92 m ² - abrir com veneziana
	Sala de estar do 1º pavimento: 1,32 m ² - abrir com veneziana
	Sala de estar do 2º pavimento: 1,56 m ² - abrir com veneziana
	Cozinha: 2,28 m ² - área total, sendo: 1,71 m ² - basculante 0,57 m ² - fixa
	Atelier do primeiro pavimento: 5,15 m ² - área total, sendo: 2,75 m ² - zenital fixa 2,40 m ² - quatro folhas de correr
	Atelier da cobertura: 1,68 m ² - abrir com veneziana
	Suíte: 3,6 m ² , cruzada
	Dormitório: 1,92 m ²
	Sala de estar do 1º pavimento: 1,32 m ²
13. Área de ventilação	Sala de estar do 2º pavimento: 1,56 m ²
	Cozinha: 1,71 m ²
	Anexo da cozinha: 1,44 m ²
	Atelier do primeiro pavimento: 1,2 m ²
	Atelier da cobertura: 1,68 m ²
	As esquadrias de madeira são protegidas por elementos de alvenaria e veneziana horizontal de madeira; nas esquadrias de ferro não há nenhum dos elementos.
	Há <i>brises</i> no terraço dos fundos, executado com a função de proteção visual do vizinho
	Na face SSO, vegetação
14. Proteção das aberturas	
15. Outros	Obstruções externas: prédios na divisa com a fachada ESE
	O desnível do terreno propiciou o uso da massa térmica do solo no ambiente de almoço. Na parede foi embutido um armário e, entre a alvenaria e o solo há um colchão de ar.
16. Paisagismo	Na face sul, há uma palmeira e alguns cactos
	Há floreiras nos terraços

continua

conclusão

17. Dispositivos de apoio	Antigamente utilizava-se um sistema elétrico de aquecimento da água
	Sistema à gás de aquecimento da água (atual)
18. Área de superfícies externas/ número de moradores	435,8 m ² / 4 moradores = 108,95 m ² / morador

QUADRO 6 – DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA KIRCHGÄSSNER
 FONTE: A autora (2008)

5.1.1.1 Implantação e Orientação

A implantação da edificação se dá aproximadamente sobre um eixo longitudinal norte-sul. A fachada posterior, orientada a nor-nordeste (NNE), recebe maior quantidade de radiação solar no inverno e pouca no verão. Possui aberturas com superfícies envidraçadas no volume cilíndrico da escada, que no último pavimento abriga também o escritório (FIGURA 54). Na suíte, a janela de canto tem uma das faces voltada para esta fachada.



FIGURA 54 - VISTA DA FACHADA POSTERIOR (NNE)
 FONTE: A autora (2007)



FIGURA 55 - VISTA DA FACHADA LATERAL (ONO)
 FONTE: A autora (2007)

Os demais ambientes têm suas aberturas orientadas principalmente para lés-sudeste (ESE) e oés-noroeste (ONO) e o outro dormitório se abre para a face sul-sudoeste (SSO) (FIGURA 55).

Ao se confrontar esta solução adotada com a norma atual, verifica-se que não está de acordo com a estratégia B de condicionamento térmico passivo, em que o aproveitamento da incidência solar está previsto para o aquecimento dos ambientes. A implantação da residência e a distribuição dos cômodos não privilegiam a abertura dos ambientes de maior permanência para a fachada norte em que há maior incidência de sol no inverno (FIGURA 56, 57 e FIGURA 58).

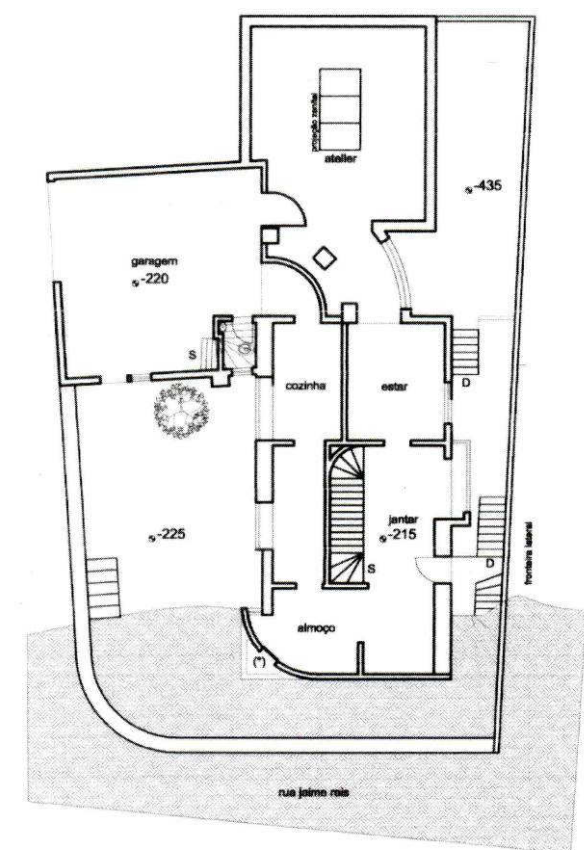


FIGURA 56 - PLANTA DO PRIMEIRO PAVIMENTO
FONTE: DUDEQUE (2001), p.94

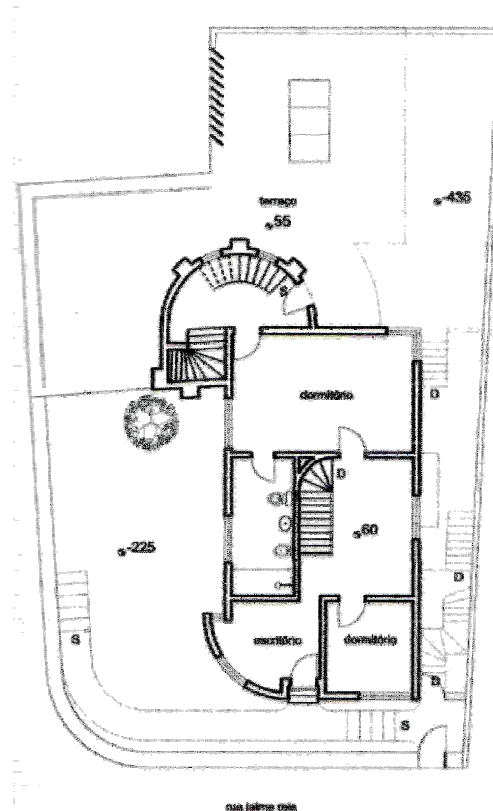


FIGURA 57 - PLANTA DO SEGUNDO PAVIMENTO
FONTE: DUDEQUE (2001), p.95

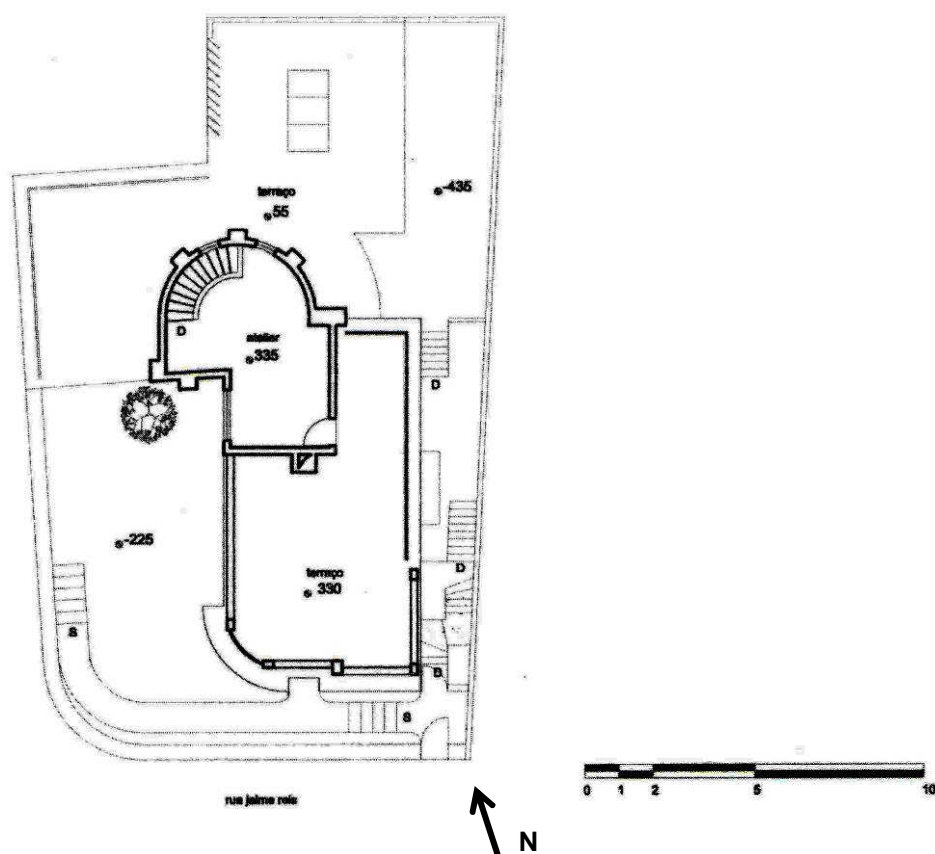


FIGURA 58 - PLANTA DA COBERTURA
FONTE: DUDEQUE (2001), p.97

De acordo com Gnoato (1997), uma das prioridades na escolha do terreno e na implantação da casa foi a vista para a Serra do Mar, que podia ser observada principalmente do terraço do último pavimento. Com a construção do edifício vizinho de vários pavimentos, entre 1963-64, a vista foi obstruída (FIGURA 59). Além da vista, obstruiu-se também a incidência de sol em parte do período matutino.



FIGURA 59 - VISTA A PARTIR DA ESQUINA COM EDIFÍCIO VIZINHO AO FUNDO
FONTE: IPPUC *et al.* (2003a)

Em depoimento para esta pesquisa, o proprietário atual da residência, filho de Frederico, relata que a incidência do sol da manhã era considerada pelo arquiteto a mais desejável. Completa dizendo que antes da construção do edifício, a incidência do sol da manhã aquecia os espaços internos e que atualmente a casa é fria nos meses de inverno e mais agradável nos meses de verão.

5.1.1.2 Vedações

Trabalhos anteriores citam a preocupação de Kirchgässner com a questão do conforto térmico. Segundo Gnoato (1997), foi essa a intenção do arquiteto ao utilizar paredes duplas de alvenaria e lajes duplas, estas utilizadas também para melhorar a questão da impermeabilização. No projeto original, as paredes de alvenaria estrutural do primeiro pavimento são mais espessas que as do segundo e a cobertura é composta pela laje e um forro de estuque. A solução da laje dupla foi utilizada na ampliação do atelier, conforme verificou-se *in loco*.

As vedações externas da edificação são de alvenaria de tijolos cerâmicos com dois furos e/ ou maciços. No primeiro pavimento as paredes externas possuem espessura de 50 cm em média, sendo reduzidas para 30 cm no segundo pavimento e na cobertura. Levando em consideração este dado e conhecendo-se o material das paredes, é possível observar que as vedações são pesadas e não leves como recomenda a norma. A solução utilizada propicia o aumento da inércia térmica, que acarreta amortecimento do calor recebido e um atraso significativo de horas que levará para atingir o interior da edificação, solução adequada para clima quente e seco (FROTA e SCHIFFER, 1988). Porém, é inadequada para o clima temperado da região.

Para as paredes internas, a norma recomenda que sejam pesadas, para contribuir na manutenção do interior aquecido. De alvenaria de tijolos cerâmicos com aproximadamente 20 cm, observa-se que as vedações internas não são pesadas como o recomendado. Considerando as paredes internas de tijolos com dois furos circulares, os valores de transmitância térmica e fator de ganho solar estão acima do indicado.

Para a cobertura reta, o valor da transmitância térmica (para laje de concreto armado e forro de estuque, igual a 1,75) está dentro do indicado. Porém o valor de atraso térmico, igual a 7,49 horas, está acima das 3,3 horas recomendadas. Significa que a solução proposta por Kirchgässner resulta em maior quantidade de tempo para que uma variação térmica no meio externo se manifeste na superfície interna da cobertura. A norma propõe o contrário.

O fator de ganho solar da cobertura⁴, foi calculado para duas situações, primeiramente com valor de absorvância igual a 0,30, em que o ganho de calor solar é de 2,1%, dentro do limite indicado (FIGURA 60). Ao se considerar o escurecimento da laje, o valor de absorvância aumenta para 0,85, e o ganho de calor fica igual a 5,95%, ainda atendendo à solicitação da norma.



FIGURA 60 – VISTA ANTIGA DO TERRAÇO DA COBERTURA
FONTE: Arquivo do proprietário (193-)



FIGURA 61 – VISTA ATUAL DO TERRAÇO DA COBERTURA
FONTE: A autora (2007)

Recentemente, foi executada a impermeabilização da laje da cobertura, para proteger das infiltrações de água (FIGURA 61).

Segundo informação obtida do atual morador, na ocasião da reforma da laje do terraço sobre o atelier, foi verificada a existência de laje dupla que pôde ser observada na ocasião da visita para esta pesquisa. Porém, no projeto arquitetônico original consta uma laje simples e abaixo dela um forro. Possivelmente a laje dupla foi utilizada apenas na cobertura sobre o atelier, quando, nos anos 50, o arquiteto executa a ampliação da residência.

⁴ O fator de ganho solar de elementos opacos é definido pela NBR 15220-1 como o "quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo." (ABNT, 2005, p.3)

5.1.1.3 Aberturas

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) recomenda para ambientes de longa permanência - sendo assim considerados cozinha, dormitório e sala de estar - aberturas para ventilação médias, ou seja, que correspondam de 15% a 25% da área de piso. Considerando-se as áreas de abertura para ventilação, a suíte apresenta aberturas correspondentes a 18% e há a possibilidade de ventilação cruzada. A cozinha também está dentro dos limites indicados, com área de ventilação de 23% em relação à área de piso. Abaixo da indicação da norma estão, no primeiro pavimento, o estar (com 12%) e o atelier (atual museu) com 3%, bem como o estar localizado no segundo pavimento, com 11%. Tem área de ventilação acima do recomendado o dormitório menor, com 27% da área de piso. No entanto, neste ambiente há a possibilidade de regular a área de ventilação pela abertura parcial do vão.

O sistema das esquadrias é inovador para a época em que foi projetado e está em ótimo estado de conservação e funcionamento. Um sistema de contrapesos possibilita a abertura total do vão das janelas, que são associadas às venezianas (cortinas de madeira) externas ao vidro (FIGURA 62 e FIGURA 63). Tal funcionamento também auxilia no fechamento hermético das aberturas, recomendado para os meses de inverno (FROTA e SCHIFFER, 1988).

Complementa o sistema das aberturas o uso de cortinas de cores claras.



FIGURA 62 – VISTA EXTERNA DO SISTEMA DE ESQUADRIAS DE MADEIRA
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 63 – VISTA EXTERNA DA VENEZIANA DE MADEIRA
FONTE: A autora (2007)

5.1.1.4 Incidência solar e sombreamento

Em relação ao sombreamento das aberturas, as esquadrias de madeira são protegidas por elementos horizontais de alvenaria, com pintura na cor amarela clara, e venezianas horizontais de madeira externas ao vidro (o que as torna mais eficientes), com pintura na cor azul clara (FIGURA 64). O valor do coeficiente de absorção da radiação solar (α) para pintura na cor amarela é de 0,30, ou seja, a maior porcentagem da radiação incidente será refletida, contribuindo assim para a eficiência do dispositivo.

Porém, as faces superiores das proteções estão sujas, aumentando a absorção da radiação solar. Exigem, portanto, manutenção constante. Há ainda alguns inconvenientes deste tipo de proteção (FROTA, 2004):

- a) funcionam como condutores de calor para o corpo da edificação;
- b) funcionam como uma barreira física dificultando a circulação do ar ascendente.

As portas de madeira de acesso aos terraços são protegidas por marquises de ferro (FIGURA 65). Sobre as esquadrias de ferro não há elementos de proteção.



FIGURA 64 - ELEMENTO DE PROTEÇÃO DAS JANELAS DE MADEIRA
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 65 - ELEMENTO DE PROTEÇÃO DAS PORTAS
FONTE: A autora (2007)

Para verificar se as aberturas e suas proteções solares são adequadas ao clima de Curitiba, verificou-se a penetração dos raios solares em ambientes de longa permanência: na suíte, na sala de estar do segundo pavimento e na cozinha.

Na suíte, a penetração dos raios solares foi simulada para a abertura com orientação NNE (FIGURA 66 e 67). No solstício de inverno verifica-se que a incidência dos raios solares é alta, contribuindo para o aquecimento passivo do ambiente nos períodos frios, conforme a diretriz da norma; e no verão praticamente não há incidência de sol (GRÁFICO 1 e GRÁFICO 2). Neste caso observa-se o uso correto da proteção solar, adequada à orientação e quanto ao seu dimensionamento.



FIGURA 66 - VISTA INTERNA DA JANELA DA SUÍTE, ORIENTAÇÃO NNE
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 67 - VISTA EXTERNA DA JANELA DA SUÍTE, ORIENTAÇÃO NNE
FONTE: A autora (2007)

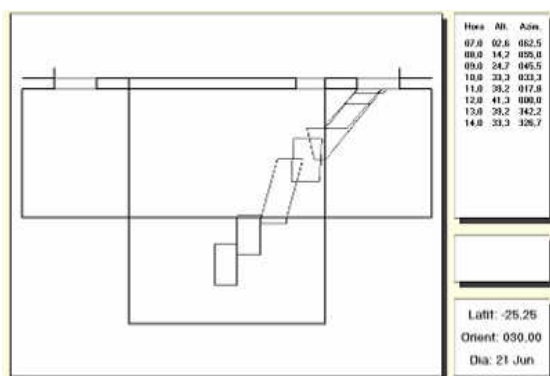


GRÁFICO 1 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNE DA SUÍTE, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

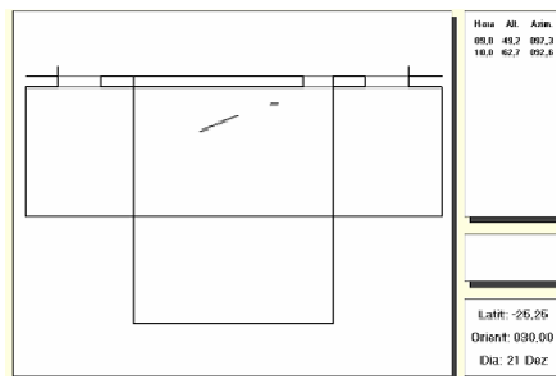


GRÁFICO 2 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNE DA SUÍTE, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

O relato do proprietário atual coincide com o resultado da simulação: “o sol da manhã bate aqui (...). Deste lado a casa é mais agradável”.

Na janela da sala de estar do segundo pavimento, orientada a ESE, observa-se que a proteção solar de alvenaria não prejudica a insolação no inverno, porém é

insuficiente para o verão, período em que recebe os raios solares praticamente na perpendicular (GRÁFICO 3 e GRÁFICO 4).

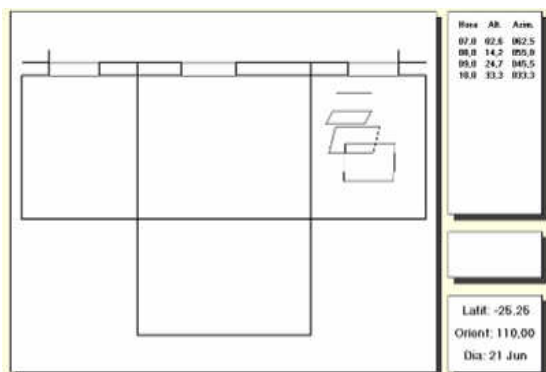


GRÁFICO 3 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

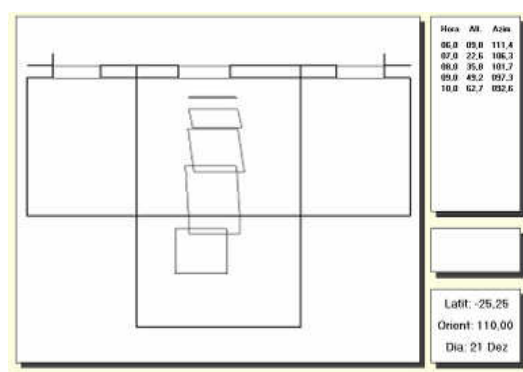


GRÁFICO 4 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

A veneziana externa ao vidro pode proteger da incidência direta do sol neste período, no entanto irá também bloquear a luz natural. Observa-se o uso de cortina de cor clara que, embora menos eficiente que uma proteção externa, auxilia na proteção solar (fator de ganho solar = 0,36)⁵ e possibilita a entrada de luz natural (FIGURA 68 e FIGURA 69).



FIGURA 68 - VISTA INTERNA DA JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO, ORIENTAÇÃO ESE
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 69 - VISTA EXTERNA DA JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO, ORIENTAÇÃO ESE
FONTE: A autora (2007)

A janela da cozinha, de ferro, não possui o elemento de alvenaria igual ao existente nas outras janelas simuladas (FIGURA 70 e FIGURA 71). No entanto, é protegida pela espessura da alvenaria, de 50 cm neste pavimento.

⁵ FROTA E SCHIFFER, 1988, p.194



FIGURA 70 - VISTA INTERNA DA JANELA DA COZINHA, ORIENTAÇÃO ONO
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 71 - VISTA INTERNA DA COZINHA
FONTE: A autora (2007)

Verifica-se que a incidência solar na janela da cozinha, voltada para ONO, é maior no verão (GRÁFICO 5 e GRÁFICO 6). O volume da garagem, ao lado da cozinha, funciona como um anteparo que bloqueia a incidência de sol no inverno. Da mesma maneira que na abertura da sala, a proteção horizontal (neste caso, da espessura da parede) é inadequada para esta orientação, pois no verão, a incidência de sol é maior e durante toda a tarde. A solução da cortina foi novamente utilizada nesta situação.



GRÁFICO 5 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

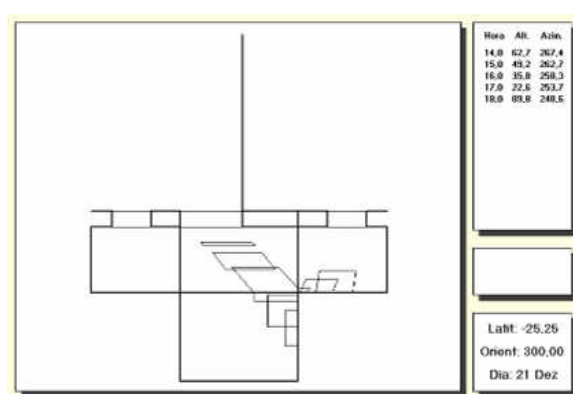


GRÁFICO 6 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Nas simulações observa-se que, no inverno, os cômodos com aberturas a ONO e ESE, recebem poucas horas de luz solar direta. E este fato é percebido pelo usuário quando relata: “A casa é fria no inverno. Antigamente pegava muito sol, hoje não. Depois que o prédio foi construído, mudou tudo. No verão a casa é agradável.”

Nestas fachadas, a incidência de sol ocorre durante várias horas no período de verão. Apesar disto, o usuário considera agradável a permanência no interior da casa nesta época. Levanta-se algumas possibilidades para tanto: a massa térmica das vedações externas, que propiciam o microclima interno ameno; e o edifício vizinho que pode ser um obstáculo gerador de sombra nesse período.

Já, no período frio, apesar de o edifício vizinho de vários pavimentos ser um obstáculo à incidência de sol, nas simulações desconsiderou-se sua presença e, mesmo assim, há ocorrência de poucas horas de sol no inverno.

Como as proteções solares são idênticas em todas as aberturas de madeira, mesmo com diferentes orientações, não desempenham sua função de modo eficaz. Pelo fato de as aberturas de ferro não possuírem proteção, possivelmente a preocupação do arquiteto era com o desgaste provocado pela chuva às esquadrias de madeira. Uma solução possível seria combinar no mesmo elemento de proteção as duas funções - de proteção do sol e da chuva.

Nas aberturas orientadas a ONO e ESE, o sombreamento durante o verão é dificultado pela incidência de sol próxima da perpendicular à fachada. Neste caso, uma solução que não obstruísse completamente a abertura e, conseqüentemente, a luz solar, poderia ser o uso de árvores de folhas caducas, por exemplo. Deste modo, haveria o sombreamento da janela quando desejável e o acesso da radiação solar no inverno, quando a planta perde suas folhas.

O *brise*, elemento característico do movimento moderno, está localizado no terraço do segundo pavimento e junto à divisa (FIGURA 72). Composto de lâminas verticais móveis, pode acompanhar o movimento do sol (FIGURA 73). A localização do elemento no terraço surpreende pelo fato de ser usualmente utilizado como proteção solar de fachadas. Neste caso, o *brise* possui não só a função de proteção do sol proveniente de ONO. Segundo o proprietário, filho do arquiteto, foi executado com a função de proteção visual da edificação vizinha.

A solução adotada pode gerar sombra total e ainda orientar-se de acordo com a posição do sol, estando adequada sua utilização. O sombreamento no terraço é complementado por um pergolado adjacente ao *brise* (FIGURA 74).

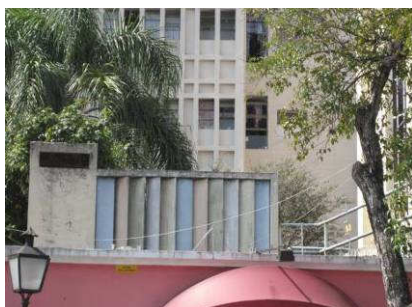


FIGURA 72 - VISTA DO *BRISE-SOLEIL* JUNTO À DIVISA, FACHADA COM ORIENTAÇÃO ONO
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 73 - VISTA DO *BRISE-SOLEIL*
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 74 - VISTA DO PERGOLADO
FONTE: A autora (2007)

5.1.1.5 Iluminação natural

A abertura para iluminação zenital foi executada por Kirchgässner na ocasião da reforma para construção do atelier, por volta de 1950 (FIGURA 75, FIGURA 76 e FIGURA 77). Essa solução é direcionada para ambientes que têm o caráter produtivo-laborativo (VIANNA; GONÇALVES, 2004). Possibilita a não-incidência direta de radiação solar no plano de trabalho, evitando contrastes excessivos e ofuscamento e, do ponto de vista térmico, protege da radiação solar direta nos meses de verão e permite no inverno. Sob estes aspectos pode-se considerar adequada a proposta do arquiteto.



FIGURA 75 - VISTA INTERNA DA ABERTURA PARA ILUMINAÇÃO ZENITAL
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 76 - VISTA INTERNA DO ATELIER
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 77 - VISTA EXTERNA DA ABERTURA PARA ILUMINAÇÃO ZENITAL
FONTE: A autora (2007)

No interior, os ambientes das salas e do atelier possuem pisos de madeira escura, forros com pintura na cor branca e paredes com pintura na cor areia (FIGURA 78 e FIGURA 79). A predominância de cores claras nesses cômodos possibilita a reflexão da luz, dispensando durante o dia o uso de iluminação artificial. No entanto, de acordo com Gnoato (1997), as pinturas originais eram outras e compreendiam sofisticada combinação de elementos geométricos em forma de cubo, em diferentes tons de cor.



FIGURA 78 - PISO DE MADEIRA
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 79 - COR DA PINTURA DAS SALAS E ATELIER
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 80 - COR DA PINTURA DA SUÍTE
FONTE: A autora (2007)

A pintura da suíte é mantida original, com uma combinação das cores verde, roxo e marrom nas paredes e pintura do forro na cor verde (FIGURA 80). Para estas cores, o coeficiente da absorção da radiação solar varia entre 0,7 a 0,9⁶. Devido a esta característica, a luz incidente sofre pouca reflexão no ambiente. É possível que, por se tratar de um dormitório onde a principal função é o descanso, buscou-se conscientemente tornar o espaço aconchegante com o uso de cores escuras.

Na cozinha, a distribuição da luz não se dá de maneira uniforme sobre o plano de trabalho, que seria a solução adequada para a função desempenhada no espaço. Mesmo com o uso da cor branca nos azulejos e nos móveis e da cor areia na pintura, a luz natural não é suficiente para iluminar de forma completa o espaço. A localização da janela junto a uma das paredes, não gera uma distribuição uniforme da luz no ambiente (GRÁFICO 7).

Quanto à janela do estar do segundo pavimento, apesar de se aproximar do centro do cômodo, proporciona uma distribuição de luz difusa desigual. A área menos iluminada fica nas proximidades da escada de acesso ao primeiro pavimento, em que haveria necessidade de boa iluminação para permitir o deslocamento

⁶ FROTA e SCHIFFER, 1988, p.193.

(GRÁFICO 8). Possivelmente, a iluminação natural seria mais satisfatória se fossem aumentadas as dimensões da abertura.

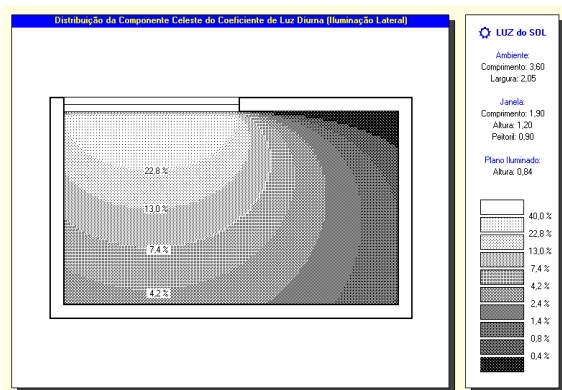


GRÁFICO 7 – LUZ DIFUSA PARA A JANELA DA COZINHA
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

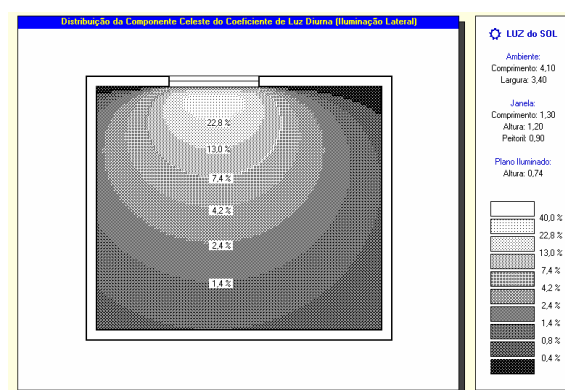


GRÁFICO 8 – LUZ DIFUSA PARA A JANELA DO ESTAR DO SEGUNDO PAVIMENTO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

5.1.1.6 Outros dispositivos

O desnível do terreno propiciou o uso da massa térmica do solo no ambiente de almoço (FIGURA 81). Na parede foi embutido um armário e, entre a alvenaria e o solo há um colchão de ar. Antigamente, a função do armário era armazenamento de alimentos em ambiente fresco, propiciado pela temperatura praticamente constante do solo (FIGURA 82).



FIGURA 81 - VISTA EXTERNA DO DESNÍVEL DO TERRENO
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 82 - ARMÁRIO EMBUTIDO
FONTE: A autora (2007)

5.1.1.7. Uso de vegetação

Houve preocupação do arquiteto com o paisagismo, chegando a especificar o tamanho e a disposição dos seixos rolados entre as lajotas bem como o tipo de vegetação agreste, de pequeno e médio porte (GNOATO, 1997) (FIGURA 83). Verifica-se a existência da vegetação ainda hoje, disposta no jardim da fachada SSO (FIGURA 84).

Sobre o terraço, o arquiteto utilizou vegetação em floreiras (FIGURA 85). Também foi utilizada vegetação sobre o pergolado, para produção de sombra.



FIGURA 83 - DESENHO DO ARQUITETO
FONTE: DUDEQUE (2001)



FIGURA 84 – VISTA DA FACHADA SSO
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 85 – VISTA DA VEGETAÇÃO A PARTIR DO TERRAÇO
FONTE: A autora (2007)

5.1.2 Considerações finais

A implantação da residência privilegiou aspectos como o aproveitamento do desnível do terreno e a vista da serra, em detrimento da consideração da radiação solar, necessária para o aquecimento térmico passivo no período frio. Porém, anos mais tarde, na residência que Frederico projetou para seu irmão Bernardo Kirchgässner em 1936, a insolação foi questão determinante para a implantação da obra, havendo uma evolução no uso de conceitos de conforto térmico. Em um

terreno localizado em meio de quadra e com alicive para os fundos, o arquiteto definiu a implantação da residência de forma a permitir a incidência do sol em três das suas faces. Para tanto, a obra foi implantada com uma das paredes – com face sul - encostada na divida do lote (GNOATO, 1997). Portanto, em sua residência, a implantação e orientação das aberturas dos cômodos possivelmente se deram de forma consciente, beneficiando outros aspectos que não a incidência de sol. Com isso, as estratégias de condicionamento térmico do tipo B detalhadas na norma, não são atendidas.

Os dispositivos de alvenaria de proteção das aberturas não são adequados a todas as fachadas. É adequado à face posterior, de orientação próxima ao norte (NNE), porém ineficiente principalmente para proteção contra incidência direta de raios solares nas fachadas ONO e ESE.

A aplicação das recomendações normativas atuais reprovaria o sistema construtivo utilizado nas vedações, bem como as aberturas dos espaços de estar. As aberturas da cozinha e da suíte atendem aos critérios indicados.

O *brise* é utilizado de forma adequada para sombreamento do terraço, complementado pelo pergolado e vegetação. A solução da abertura para iluminação zenital é apropriada ao espaço de trabalho.

5.2 RESIDÊNCIA CLEUZA LUPION CORNELSEN (1949)

Apesar da importância das residências projetadas por Ayrton Lolô Cornelsen, essas edificações não possuíam um projeto arquitetônico formal, registrado com o traçado original do arquiteto, sendo a maior parte delas esboçada a partir das características do terreno e das necessidades dos futuros moradores (LINS, 2004).

Lins (2004) buscou fazer um registro do método de trabalho de Lolô, para tanto fazia-se necessário ilustrar as obras com seus desenhos. O próprio arquiteto refez então os desenhos, especialmente das residências. Isso permitiu ao autor aprofundar a pesquisa sobre as obras bem como verificar que poucas delas foram executadas segundo o plano original.

O esboço dos projetos de Lolô partia da satisfação de requisitos básicos de uma residência que envolviam conforto, distribuição funcional de espaços de modo a

atender às necessidades de cada membro da família, além de boa iluminação e ventilação natural (LINS, 2004). Somente em alguns casos eram apresentados detalhes construtivos, decorrentes do desenvolvimento da obra e do contato com os proprietários.

A casa era vista por Lolô, como um refúgio para acomodar com conforto e satisfação o seu proprietário. Seu interesse era construir casas que aliassem beleza e baixo custo (LINS, 2004).

Projetada e construída em 1949, a obra analisada se localizava em um terreno com um acentuado declive no sentido transversal. A solução construtiva idealizada pelo arquiteto foi integrar a obra ao terreno com o uso de pilotis, um dos cinco pontos da arquitetura moderna (FIGURA 86).

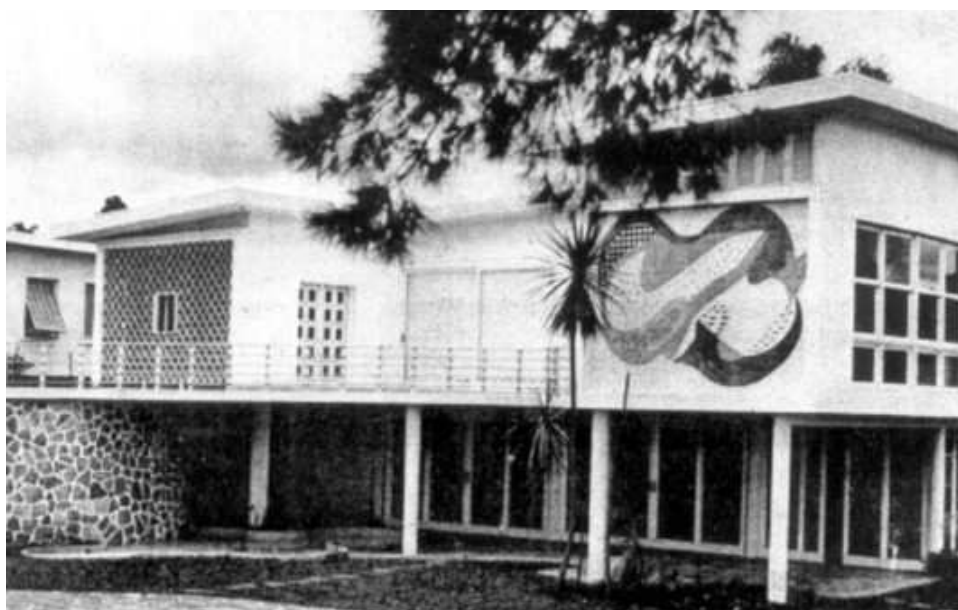


FIGURA 86 – VISTA EXTERNA DA FACHADA PRINCIPAL
FONTE: FUNDAÇÃO AYRTON LOLÔ CORNELSEN (2007)

O terreno, localizado na Alameda Taunay, foi adquirido pelo seu sogro, José Lupion, em meados de 1948. Cerca de 40% da área do lote era não-aproveitável, possuía grande desnível e um córrego. O lote foi subdividido por Lolô em três parcelas, onde foram construídas simultaneamente as residências de seu sogro, de seu cunhado Moura Brito e no terceiro lote, a do arquiteto.

O conjunto das três residências despertou o interesse da população, entre as quais a do arquiteto se destacava pelas novidades estéticas (LINS, 2004).

A residência foi projetada a partir da incidência do sol, resultando em plantas que lembravam um leque (FIGURA 87 E FIGURA 88). De acordo com Dudeque (2001), as curvaturas das paredes foram calculadas a partir do movimento do sol na latitude em que se encontra Curitiba, no período próximo ao solstício de inverno. Com isso, nesse período do ano, o sol incidia nos dormitórios durante todo o dia, perpendicularmente a um dos eixos. Já no verão, os dormitórios eram sombreados. Para o autor, Cornelsen não pretendia somente resolver a questão do clima mas também criar relógios solares, que seriam referências aos significados ocultos na arquitetura.

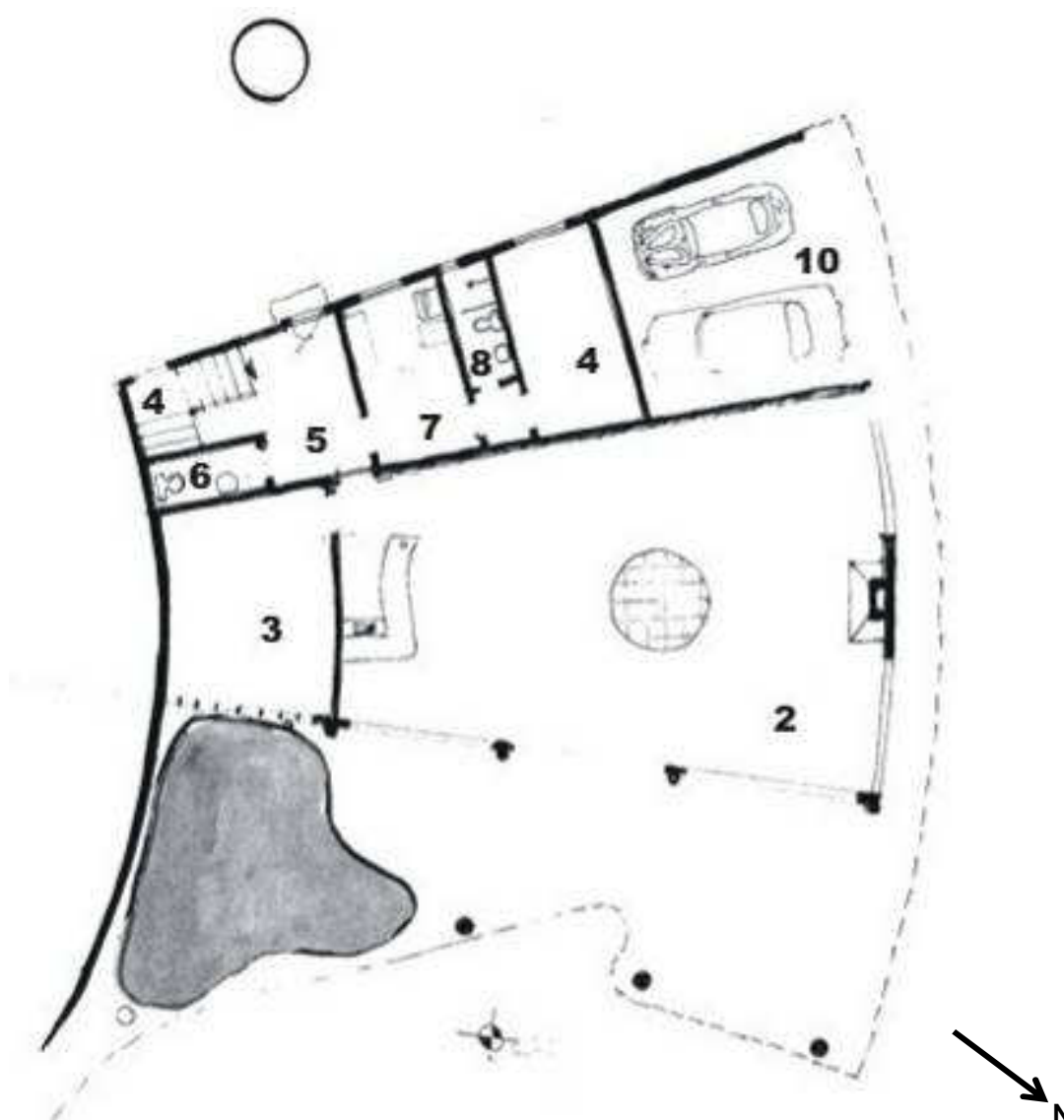


FIGURA 87 – PLANTA PAVIMENTO TÉRREO

FONTE: LINS (2004)

NOTA: VARANDA (1); SALÃO DE FESTAS (2); SALA DE BRINQUEDOS (3); ESCADA (4); HALL DA ESCADA (5); LAVABO (6); LAVANDERIA (7); BANHEIRO (8); DORMITÓRIO DE EMPREGADA (9); GARAGEM (10)



FIGURA 88 – PLANTA PAVIMENTO SUPERIOR

FONTE: LINS (2004)

NOTA: VARANDA (1); HALL (2); LAVABO (3); SOCIAL (4); COMEDOR (5); ESTAR ÍNTIMO (6); ESCADA (7); HALL DA ESCADA (8); COZINHA (9); COPA (10); QUARTOS (11); BANHO (12); ATELIER (13)

Dudeque (2001) considera que, apesar de a insolação ser uma preocupação constante da arquitetura de Curitiba, Cornelsen transcendeu este princípio. O arquiteto descobriu e explorou a simbologia da luz na arquitetura, projetando obras que considerassem o percurso do sol em um local específico.

Implantada nos fundos do terreno e afastada das divisas laterais, a obra podia ser vista desde a rua (FIGURA 89). A exposição da vida familiar era permitida através das portas-janela da fachada principal da casa, fato incomum na cidade (FIGURA 90).



FIGURA 89 – VISTA DA FACHADA FRONTAL
FONTE: FUNDAÇÃO AYRTON LOLÔ CORNELSEN (2007)



FIGURA 90 – VISTA DA FACHADA FRONTAL
FONTE: FUNDAÇÃO AYRTON LOLÔ CORNELSEN (2007)

No pavimento térreo localizava-se um salão de festas que se abria para um jardim desenhado pelo arquiteto (FIGURA 91 e FIGURA 92). Encerrado por portas-janela, a divisão entre espaço interno e externo era praticamente inexistente. Essa sensação era ampliada pela varanda frontal onde se localizavam os pilotis que sustentavam parte do pavimento superior e o terraço.



FIGURA 91 – VISTA EXTERNA DO SALÃO DE FESTAS NO PAVIMENTO TÉRREO
FONTE: DUDEQUE (2001)



FIGURA 92 – VISTA INTERNA DO SALÃO DE FESTAS
FONTE: LINS (2004), p.43

No pavimento superior ficava a área de convivência, formada pelo estar social, pela sala de jantar e pelo estar íntimo, com aberturas na fachada principal e na fachada voltada para sudeste (FIGURA 93 e 94). Quase não existiam corredores, Lolô optou pela comunicação direta entre os espaços.

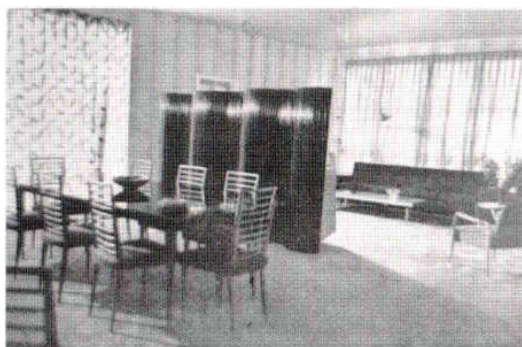


FIGURA 93 – VISTA INTERNA DO
ESTAR SOCIAL
FONTE: LINS (2004), p.45

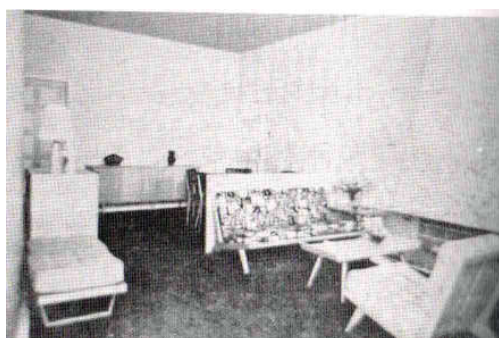


FIGURA 94 – VISTA INTERNA DO
ESTAR ÍNTIMO
FONTE: LINS (2004), p.45

Neste pavimento também estavam dispostos os dormitórios e o ateliê do arquiteto, voltados para a face noroeste. Em formato curvo, esta fachada foi projetada para acompanhar o solstício de inverno. A intenção do arquiteto era permitir o melhor aproveitamento da luz natural e manter com uma temperatura agradável nesses ambientes (LINS, 2004).

Considera-se esta a primeira obra residencial em Curitiba que reúne de modo original a influência da arquitetura carioca e de Le Corbusier (DUDEQUE, 2001). Segundo Lins (2004), o que mais chamou a atenção de Lolô no livro de Le Corbusier foi a limpeza, a amplidão e a luminosidade dos ambientes de suas casas. Este mesmo efeito foi buscado por ele na concepção da sala de visitas e no salão de festas, utilizando para tanto portas-janela e móveis leves e modernos.

Nesta obra foi incorporada a influência da arte cubista, que pode ser observada também nos trabalhos de Le Corbusier apresentados em *Oeuvre Complète*. Tal influência pode ser observada na fachada principal, na qual foi incorporado um painel com uma composição em azulejos pintados feita pelo próprio Lolô e em detalhes no interior da casa, como as cores utilizadas, diferentes das convencionais (LINS, 2004) (FIGURA 95).

A residência Cleuza Lupion Cornelsen foi demolida no ano de 1999. Os dados relativos à arquitetura foram reunidos a partir da leitura do projeto original, do qual fazem parte as plantas, que se encontram no acervo do arquiteto; por meio de entrevista com o arquiteto; e de fotos e resultados de trabalhos anteriores, sendo os principais autores Lins (2004) e Dudeque (2001).



FIGURA 95 – PAINEL NA FACHADA, PINTADO PELO ARQUITETO
FONTE: FUNDAÇÃO AYRTON LOLO CORNELSEN (2007)

5.2.1 Análise

Os elementos identificados para adaptação da arquitetura ao local bem como característicos do movimento moderno foram identificados, em um primeiro momento, na bibliografia e leitura do projeto (QUADRO 7):

Projetada a partir da incidência do sol
Curvatura na face norte dos dormitórios para aproveitamento máximo do sol
Uso de pilotis
Varanda defronte o salão com portas envidraçadas que se abriam para o jardim, integrando o ambiente à natureza
Face sul protegida pelo arranjo paisagístico de vegetação nativa

QUADRO 7 – SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS
FONTE: DUDEQUE, 2001; LINS, 2004

O QUADRO 8 abaixo apresenta a reunião dos dados arquitetônicos coletados:

1. Obra:	Residência Cleuza Lupion Cornelsen
2. Autor do projeto:	Ayrton Lolô Cornelsen
3. Data do projeto:	1949
4. Estado de conservação:	demolida
5. Localização:	Rua Presidente Taunay, 271
6. Eixo de orientação	NO-SE
7. Orientação	NO: dormitórios, atelier, salão, varanda
	SO: lavanderia, dormitório empregada, cozinha, despensa
	NE: hall, terraço, estar, jantar, salão
	SE: estar social
8. Paredes	Alvenaria simples de tijolos cerâmicos

continua

conclusão	
9. Cores	Externa: pintura na cor branca Salão: parede revestida com pedra são tomé vermelha, piso de parquet marfim Estar íntimo: cores claras nas paredes Estar social: pintura com listas largas utilizando o tom pastel de cores como rosa, verde, amarelo e azul Banheiro filhos: pintura automotiva na cor amarela Banheiro casal: pintura automotiva na cor branca
10. Forro	Salas de estar e dormitórios: madeira
11. Cobertura	Laje de concreto com telha de fibrocimento em cima Ático ventilado Beiral ventilado de madeira
12. Aberturas	Convívio: 8,4 m ² - madeira, quatro folhas de correr, vidro duplo Dormitórios: 1,32 m ² - madeira, duas folhas tipo guilhotina
13. Área de ventilação	Convívio: 4,2 m ² (13% da área de piso) Dormitórios: 0,66 m ² (4% da área de piso)
14. Proteção das aberturas	Beiral Projeção do pavimento superior, pilotis Venezianas nas janelas dos dormitórios
15. Outros	Obstruções externas: palmeira
16. Paisagismo	Face sul protegida por vegetação nativa
17. Dispositivos de apoio	Calefação elétrica em todos os dormitórios Ar-condicionado em todos os dormitórios
18. Área de superfícies externas/ número de moradores	828,50 m ² / 7 moradores = 118,35 m ²

QUADRO 8 – DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA CORNELSEN
FONTE: A autora (2008)

5.2.1.1 Implantação e orientação

A forma da edificação em leque resultou do estudo da insolação pelo arquiteto, que orientou a face curva para NO. Em entrevista para esta pesquisa, Cornelsen comenta sobre sua preocupação em adequar a arquitetura ao clima de Curitiba:

O clima aqui de Curitiba é um clima difícil [...]. Estudei astronomia e vi que a insolação, o solstício de inverno e de verão variava, em quase 10 graus a mais. Então, a minha casa eu fiz com a face leste-oeste, com a face curva para tentar aproveitar o sol, o solstício de inverno. E fiz mais umas quatro, cinco nesse sistema. E funcionou: era mais aquecida, porque recebia o sol direto, da manhã e da tarde. Da manhã de um lado e da tarde de outro. Então eu sempre projetei nesse sentido, no solstício de inverno.

Completa dizendo que chegava a essa solução pela consideração do azimute. A mesma solução foi utilizada na residência que projetou para René Pereira Alves em 1948.

De acordo com Lolô, ao implantar a edificação também procurou adequar a arquitetura à vegetação nativa. Resultado disto era a reentrância na varanda no intuito de contornar uma palmeira. Na face sul, divisa com o terreno vizinho, foi utilizada vegetação, segundo o arquiteto para criar uma proteção visual.

A forma utilizada aumenta a superfície e, conseqüentemente, a exposição da face curva à radiação solar. A face oposta, orientada a SE, no pavimento térreo é protegida pelo solo e, no pavimento superior, sua superfície externa foi reduzida.

No entanto, a eficiência da solução é afetada pelo fato de a face curva ser voltada a NO e não para o Norte conforme informação do arquiteto. Com isso, a incidência de sol ocorre com menor intensidade que o planejado nos ambientes com abertura para esta fachada.

5.2.1.2 Vedações

Cornelsen relata em entrevista que, nas obras que projetava, pensava na insolação e no uso de materiais aquecidos, como a madeira e janelas duplas. A solução do vidro duplo foi usada, segundo ele, em todas as janelas da sua própria casa. O arquiteto explica que o sistema era composto de uma moldura de madeira com um espaço entre um vidro e outro.

O sistema de vidros duplos foi utilizado por ele também na residência que projetou para Henrique Wolf, em 1963, que na época era proprietário de uma vidraçaria (FIGURA 96). Segundo Lolô, foi o primeiro vidro blindex que veio para o Brasil e foram executadas janelas duplas, com esquadrias de madeira. Nesta obra as paredes também eram duplas. Em outras obras, no entanto, o sistema não era bem aceito devido ao custo alto.

Da forma que foram utilizados os vidros duplos, considerando principalmente o posicionamento das aberturas dos dormitórios, esta solução pode auxiliar no bloqueio das perdas de calor no interior nos períodos frios.

O sistema de cobertura era composto pela laje de concreto com telhas de fibrocimento em cima, com caimento mínimo de 6 a 7%. Preocupado com os danos que a umidade poderia causar, Lolô executou o beiral de madeira ventilado, para evitar a deterioração do material.

Entre a laje e o forro de madeira, haviam venezianas destinadas à ventilação do ático. Lolô explica que havia a mesma abertura do lado oposto, para possibilitar a entrada e saída do ar: “aeração para renovar o ar”, segundo ele. A solução do ático ventilado foi utilizada também na residência Darcy Slaviero, de 1949 (FIGURA 97).



FIGURA 96 – RESIDÊNCIA HENRIQUE WOLF, 1963
FONTE: ARQUIVO DO ARQUITETO (19-)



FIGURA 97 – RESIDÊNCIA DARCY SLAVIERO, 1949
FONTE: ARQUIVO DO ARQUITETO (19-)

Sabe-se que em uma casa isolada, a cobertura é responsável pela maior parte dos ganhos de calor (LAMBERTS; PEREIRA, DUTRA, 1997). Porém, a estratégia de ventilação do ático não é recomendada pela NBR 15220 para a zona onde se localiza Curitiba, pois provoca perdas de calor pela cobertura, o que não é desejável em regiões com estação fria. Segundo Frota (2004), esse sistema funciona como um quebra-sol.

Para a cobertura, a NBR 15220 indica que seja do tipo leve isolada. Na residência, o sistema utilizado é uma cobertura de telhas de fibrocimento com estrutura de madeira sobre laje de concreto. O valor da transmitância térmica para uma cobertura de telha de fibrocimento com laje de concreto e forro de madeira é de $1,72 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, desconsiderando a ventilação do ático. Neste caso, o valor está dentro do indicado. A porcentagem de ganho solar, de 4,8%, também atende ao limite proposto considerando-se o valor da absorvância do fibrocimento igual a 0,70. Ao alterar-se o valor da absorvância para 0,85, devido ao fator da idade e

escurecimento das telhas, o ganho solar é alterado para 5,8%, ainda assim atendendo o limite sugerido. No entanto o atraso térmico, de 6,12 horas, está acima do recomendado. Portanto, desconsiderando a ventilação do ático, a cobertura não atende às indicações da norma.

A pintura de cor branca aumenta a reflexão da radiação solar pelas paredes externas, reduzindo os ganhos de calor através dos fechamentos opacos. No detalhamento das estratégias de condicionamento térmico a orientação é para que a cor externa auxilie no aproveitamento da radiação solar para aquecimento dos ambientes. A absorvância da pintura branca, igual a 0,20, é inadequada para aumentar o ganho de calor solar.

5.2.1.3 Aberturas

Os dados utilizados para o cálculo das áreas de aberturas e pisos foram retirados do projeto arquitetônico do arquivo do arquiteto.

Observa-se que a área de abertura para ventilação dos dormitórios – equivalente a 4% da área de piso - está abaixo do necessário segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005). Além da área adequada está também a porta-janela da sala de convívio, que compreende 13% da área de piso. Além do dimensionamento das aberturas, contribui para a insuficiência de área para ventilação os sistemas de funcionamento utilizados tanto dos dormitórios – janelas tipo guilhotina – como na sala – porta-janela de correr – que possibilitam a abertura de apenas 50% do vão (FIGURA 98 e FIGURA 99).

Porém, verificou-se o uso de outras soluções em que há a preocupação com o conforto térmico, por exemplo no uso do ático ventilado. É possível que, nos meses de verão, mesmo com a área de aberturas para ventilação abaixo do recomendado pela norma, seja possível uma redução na temperatura interna pela ventilação do forro aliada à orientação solar adequada.



FIGURA 98 – VISTA DA FACHADA COM AS ABERTURAS DOS DORMITÓRIOS
FONTE: DUDEQUE (2001), p.143



FIGURA 99 – VISTA PORTA-JANELA DA SALA DE CONVÍVIO
FONTE: DUDEQUE (2001), p.18

5.2.1.4 Incidência solar e sombreamento

Para a simulação da incidência de luz solar direta, efetuada para um dos dormitórios e sala de convívio, considerou-se que os ambientes possuem forma retangular.

A abertura do dormitório fica na face curva orientada a NO, protegida por beiral e veneziana (FIGURA 100). A orientação a NO possibilita nos meses de inverno a incidência de sol durante parte da manhã e toda a tarde (GRÁFICO 9). Na situação de solstício de verão, há incidência solar na parte da tarde, indesejável para o período (GRÁFICO 10).



FIGURA 100 – VISTA DA FACHADA DOS DORMITÓRIOS A NOROESTE
FONTE: DUDEQUE (2001)

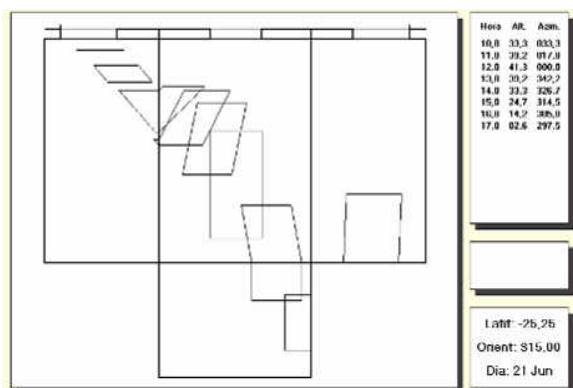


GRÁFICO 9 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA
PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO
SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

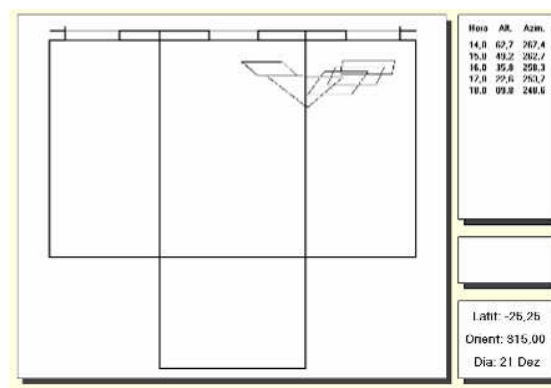


GRÁFICO 10 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA
PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO
SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Se esta face fosse perpendicular ao norte, conforme declaração do arquiteto, seria propiciada maior penetração dos raios solares também durante a manhã nos períodos frios e no solstício de verão não haveria incidência do sol.

Já a abertura da sala de convívio, voltada para NE, permite a entrada de insolação no ambiente na parte da manhã. Por ser uma porta-janela com largura igual à do ambiente, a insolação é abundante neste período nos meses de inverno e baixa nos de verão (GRÁFICO 11 e GRÁFICO 12). Porém, além da orientação, a existência do volume do atelier que avança à esquerda, faz com que do final da manhã em diante não haja mais incidência solar.

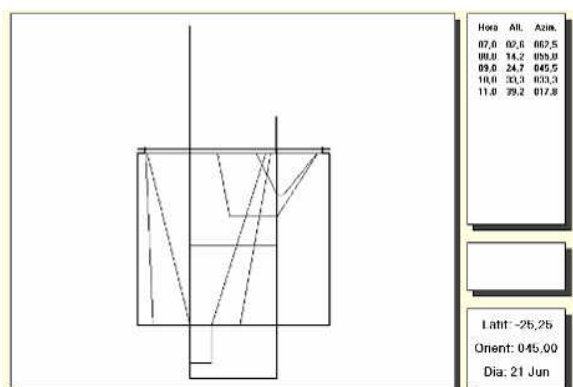


GRÁFICO 11 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA
PARA A JANELA DA SALA DE CONVÍVIO, NO
SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

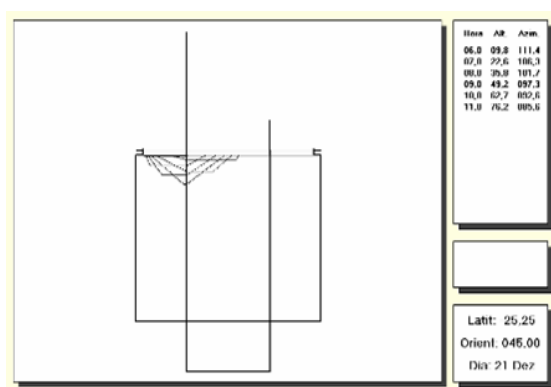


GRÁFICO 12 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA
PARA A JANELA DA SALA DE CONVÍVIO, NO
SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

O beiral distante do topo das aberturas contribui pouco no seu sombreamento e proteção, necessária principalmente por serem de madeira. Os pilotis sustentam o pavimento superior e formam uma varanda, que funciona como um dispositivo de proteção solar, protegendo as aberturas do pavimento térreo da incidência direta do sol (FIGURA 101).



FIGURA 101 – VISTA DA FACHADA NE
FONTE: LINS (2004), p.46

5.2.1.5 Iluminação natural

A orientação das aberturas dos dormitórios, próxima à área do céu onde o sol faz sua trajetória, é adequada para o bom aproveitamento da luz natural. Como as aberturas estão direcionadas para as áreas mais brilhantes, tendem a receber intensidades luminosas maiores e por períodos mais longos do dia (VIANNA e GONÇALVES, 2004).

No entanto, observa-se na simulação que não há uma distribuição uniforme da luz no ambiente do dormitório e que a área oposta à janela é escura (GRÁFICO 13). Embora a janela tenha sido posicionada no centro da parede, as suas dimensões e a proporção largura/ comprimento dos dormitórios influenciam na distribuição da luz no interior.

Na sala de convívio há o mesmo problema da proporção largura/ comprimento do cômodo. Apesar de a distribuição da luz ser mais uniforme nas proximidades da janela, existem áreas mal iluminadas no fundo do cômodo (GRÁFICO 14).

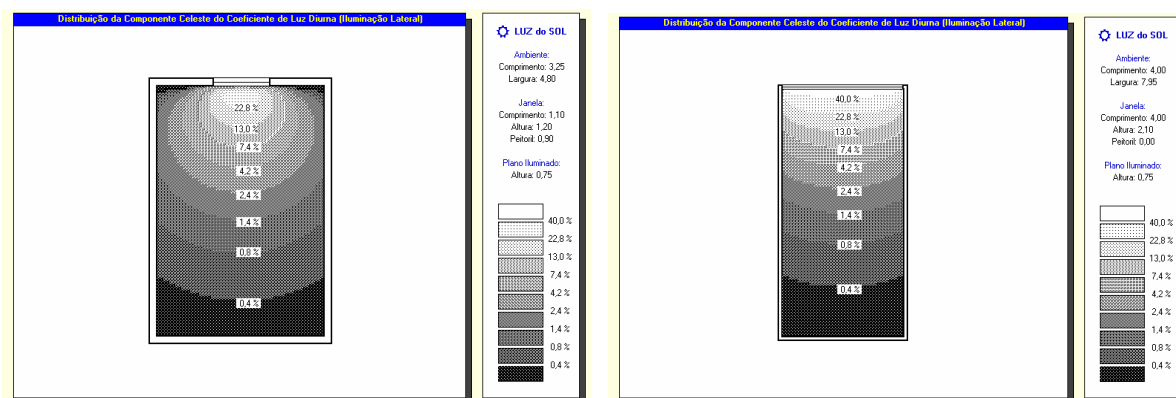


GRÁFICO 13 – LUZ DIFUSA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

GRÁFICO 14 – LUZ DIFUSA PARA A JANELA DA SALA DE CONVÍVIO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Nos espaços de convívio social, as cores utilizadas nas paredes eram claras, auxiliando a reflexão da luz incidente:

O "living" e a sala de jantar estão quase juntos, separados apenas por um original biombo preto, em madeira envernizada; a interessante pintura das paredes é a mesma nas duas dependências que são uma só, largas listas utilizando o tom pastel de cores como rosa, verde, amarelo e azul. (REVISTA DIVULGAÇÃO, 1953 apud FUNDAÇÃO LOLO CORNELSEN)

5.2.1.5 Dispositivos de apoio

Para o aquecimento no período frio eram utilizados dispositivos de apoio: calefação elétrica em todos os dormitórios e lareira na sala de estar. Lolô explica como era o sistema de aquecimento dos dormitórios:

No piso, a alcatifa (tapete) era grossa por causa da temperatura e embaixo era recheado com cânhamo. Isso para aquecer mais, assim não atravessava a umidade; a gente ligava a estufa durante quinze minutos e o ambiente permanecia aquecido. Essa solução utilizei em muitos projetos na Europa.

Observa-se que a solução adotada pelo arquiteto é adequada, visto que no clima de Curitiba há a necessidade de se complementar as estratégias passivas com o uso de aquecimento artificial em 11,7% das horas do ano (GOULART, LAMBERTS, FIRMINO, 1998). A boa solução adotada se completa ainda pela previsão do uso em conjunto do sistema artificial com o aquecimento solar passivo nos dormitórios, reduzindo a dependência de consumo de energia para o condicionamento destes ambientes.

Possivelmente os aparelhos de ar-condicionado foram instalados nos dormitórios pelo segundo proprietário da residência. Para o clima de Curitiba, não há recomendação da norma para tanto. Porém, é possível que a necessidade de resfriamento tenha surgido devido tanto à orientação a NO, que possibilita a entrada de pequena quantidade de sol da tarde durante o verão, quanto à baixa ventilação propiciada pelas aberturas, que poderia contribuir na diminuição da temperatura. O beiral, pouco largo e distante do topo das janelas, não gera o sombreamento adequado para os períodos quentes.

A preocupação do arquiteto com a questão do conforto térmico se estende para a definição dos revestimentos internos: o uso da madeira nos forros, de parquê de madeira nos pisos das salas e carpetes de espessura grossa nos quartos. A madeira, assim como o carpete, é um material que possui baixa condutividade térmica, propriedade que o torna um bom isolante térmico (FROTA e SCHIFFER, 1988). O uso criterioso destes materiais complementado pelo sistema de aquecimento artificial torna a solução adequada para a manutenção do calor nos meses frios.

De acordo com Lins (2004, p.101):

Desde seus primeiros projetos como pioneiro da arquitetura moderna, Lolo sempre procurou dar vida e calor às suas casas curitibanas freqüentemente castigadas pelo frio e às vezes pela neve – com materiais “mais quentes”, como a madeira. O uso do concreto bruto, aparente ou coberto com tinta branca, que seria uma marca da arquitetura brasileira, principalmente após o sucesso de Oscar Niemeyer, nunca foi visto por Cornelsen como a melhor solução para os dias do inverno de sul. Adotar um material e uma estética apenas para ser reconhecido como moderno, mesmo que isso resultasse em residências belas mas inabitáveis para o arquiteto era uma afronta à verdadeira razão da nova arquitetura.

5.2.1.7 Uso de vegetação

Segundo Lolô, o projeto da casa foi concebido respeitando a vegetação existente no lote: a palmeira, diante da fachada frontal e a vegetação na face sudeste, nas proximidades da divisa com o terreno vizinho.

A vegetação nativa foi utilizada na face sudeste com a função de privacidade, como um anteparo visual. Nos meses de verão, quando há incidência de sol na fachada, a vegetação pode proporcionar sombreamento. No pavimento térreo, a massa térmica do solo, propiciada pelo desnível do terreno, provoca atraso térmico e amortecimento, auxiliando na manutenção de temperatura constante no ambiente interno (FIGURA 102).

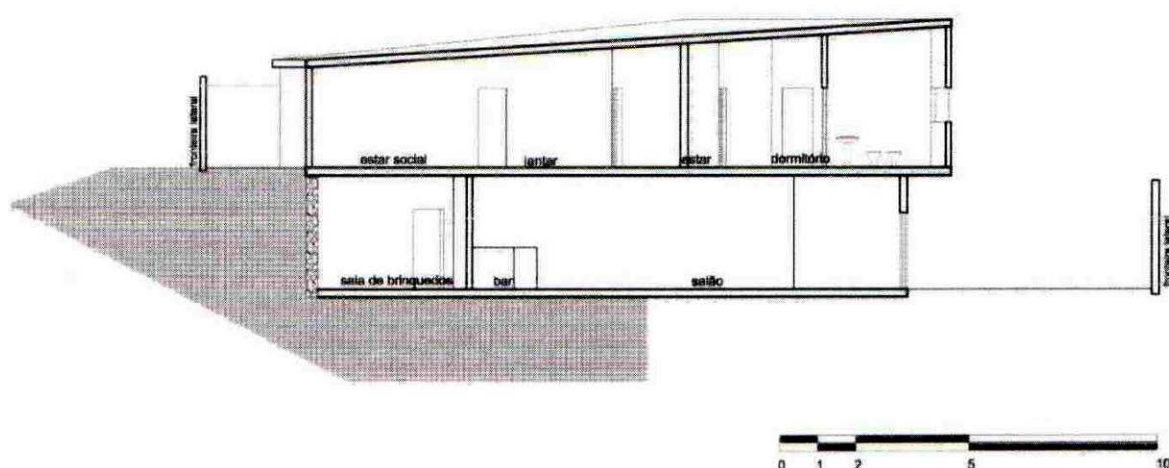


FIGURA 102 – CORTE LONGITUDINAL
FONTE: DUDEQUE (2001), p.153

No pavimento térreo, o salão de festas abria-se para uma varanda integrada a um jardim planejado (FIGURA 103 e FIGURA 104):

O salão é todo envidraçado, com portas abrindo para o jardim tropical, com as mais variadas espécies de folhagens luxuriantes que circundam pequeno lago artificial. (REVISTA DIVULGAÇÃO, 1953 apud FUNDAÇÃO LOLÔ CORNELSEN)



FIGURA 103 – VISTA DO TERRAÇO
E DO JARDIM
FONTE: DUDEQUE (2001), p.144



FIGURA 104 – VISTA DO JARDIM
FONTE: DUDEQUE (2001), p.143

5.2.2 Considerações finais

Cornelsen trabalhou vários anos na Europa, tendo executado vários projetos principalmente em Portugal. Nas residências que lá projetou, relata que as soluções arquitetônicas utilizadas eram diferentes das utilizadas em Curitiba. O clima de lá, muito frio e com ocorrência de neve, era determinante, por exemplo, para a definição da forma da estrutura, com grandes telhados inclinados do qual se ocupava o vão sob o telhado. As aberturas tinham suas dimensões reduzidas para reduzir também as perdas de calor.

Em Curitiba, verifica-se a mesma preocupação na concepção do projeto de sua residência, em que buscou adotar estratégias condizentes com o clima. Lolô procurou implantar a residência de acordo com a trajetória solar local, utilizou materiais adequados ao clima - como a madeira -, previu sistemas de apoio para o aquecimento artificial a serem utilizados de forma criteriosa. Nesta obra, os aspectos geradores da arquitetura foram pensados conjuntamente – funcionais, estéticos, conforto dos usuários.

Ao analisar o projeto de acordo com os critérios atuais da NBR 15220, observa-se que, quanto ao condicionamento térmico, a estratégia do tipo B é em parte atendida. Não está de acordo a cor externa da edificação, branca, que tem como característica o baixo ganho de calor, ao contrário do sugerido. Também são inadequadas as soluções adotadas para a cobertura e aberturas.

Cabe salientar a validade das orientações normativas mas também a dificuldade de avaliar separadamente os aspectos construtivos de uma obra que, quando em funcionamento, são complexos e dependentes de inúmeros fatores. Portanto, tratar a arquitetura como um todo é fundamental desde a concepção do projeto arquitetônico até quando da avaliação do ambiente construído.

5.3 RESIDÊNCIA JOÃO LUIZ BETTEGA (1952)

Projetada pelo arquiteto João Batista Vilanova Artigas em 1949 e construída entre 1952 e 1957 para a família do médico João Luiz Bettega.

Os princípios utilizados pelo arquiteto nesta residência são uma aproximação à corrente racionalista e ao funcionalismo de Le Corbusier. Nesse aspecto, são característicos o emprego do volume puro, as rampas e níveis desencontrados, a transparência e a integração dos espaços (XAVIER, 1985).

Segundo Gnoato (1997), a residência concentra todo o vocabulário do arquiteto. Artigas buscou intervir o mínimo no desnível natural do terreno, caracterizado por um forte aclive. A estrutura foi concebida com distribuição modulada de pilares. Os cômodos são distribuídos dentro de um prisma retangular, de 8x33 metros, em dois pavimentos integrados por pés-direitos duplos e interligados por rampas (FIGURA 105).

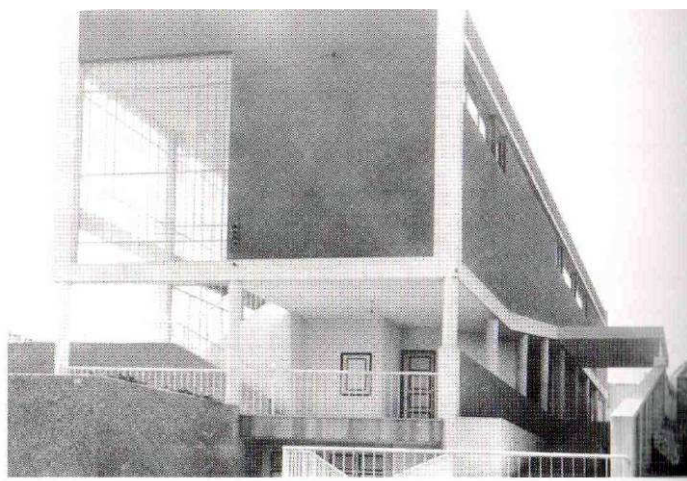


FIGURA 105 – VISTA EXTERNA DA RESIDÊNCIA
FONTE: DUDEQUE (2001)

O acesso se dá por uma rampa externa que parte da garagem até chegar ao primeiro pavimento, onde estão a sala de estar e jantar e o setor de serviços (FIGURA 106). Deste pavimento uma rampa interna permite o acesso a um pavimento intermediário onde está o escritório e a um pavimento superior, no qual se localizam três dormitórios, banheiros e dormitório de empregada (FIGURA 107).

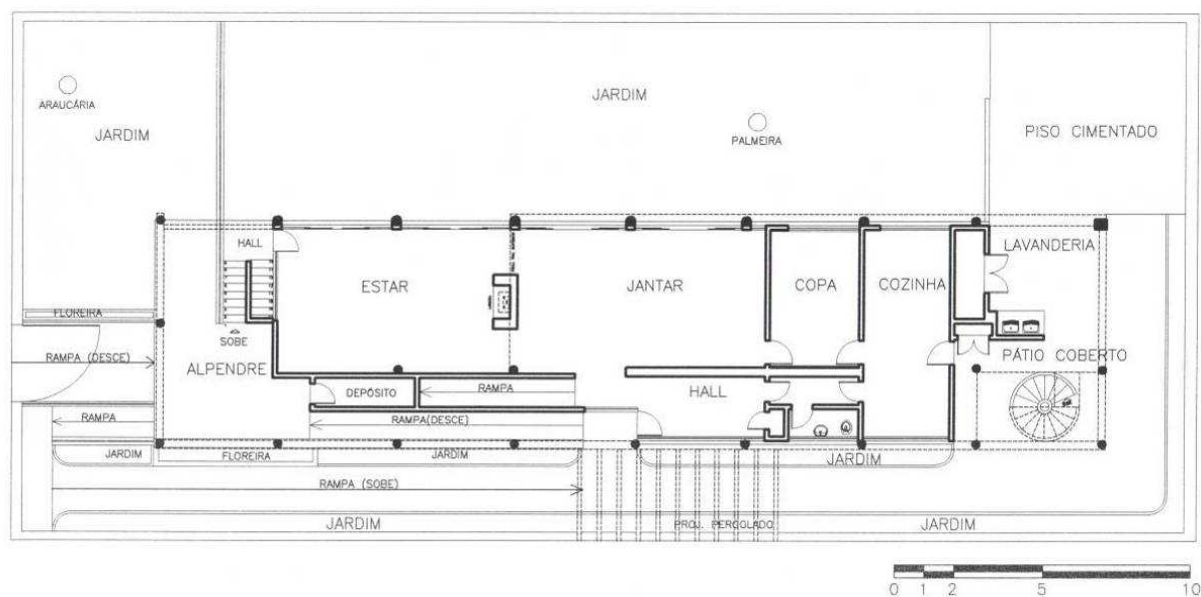


FIGURA 106 – PLANTA DO PAVIMENTO TÉRREO
FONTE: OLIVEIRA (2003)

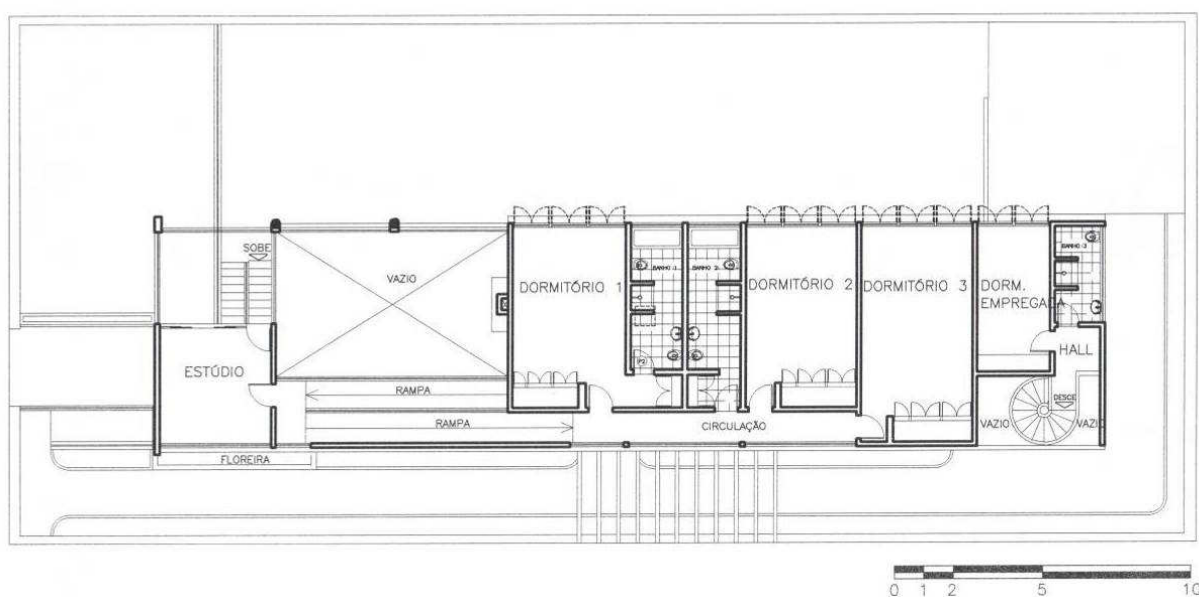


FIGURA 107 – PLANTA DO PAVIMENTO SUPERIOR
FONTE: OLIVEIRA (2003)



A implantação da residência no sentido longitudinal do lote gerando o afastamento na lateral esquerda do terreno foi uma subversão das noções de arquitetura então existentes na cidade. Dessa maneira, o arquiteto propiciou a abertura de todos os cômodos para o jardim da lateral do terreno, buscando que se voltassem para a face noroeste, de forma a propiciar maior incidência solar no inverno e proteger do sol no verão (FIGURA 108).

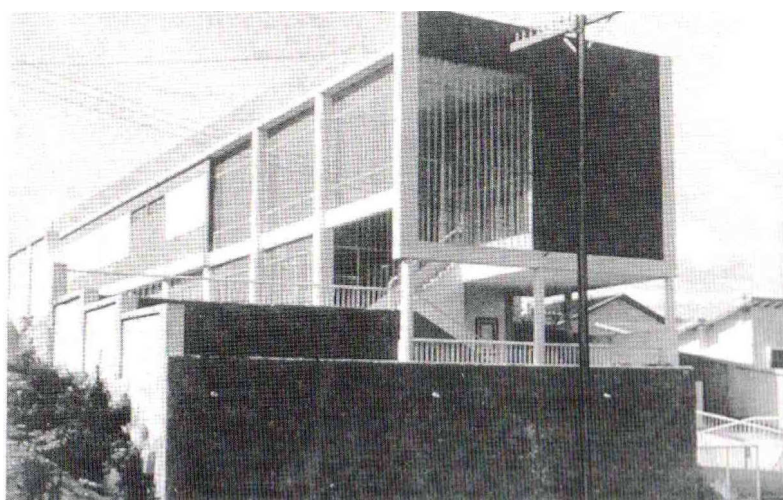


FIGURA 108 – ABERTURA DOS CÔMODOS PARA A LATERAL DO TERRENO
FONTE: DUDEQUE (2001)

A entrada principal também teve tratamento diferenciado, foi localizada na metade da lateral direita que, por ser menos visível, seria usualmente considerada os fundos de uma residência (FIGURA 109). Colocada sob uma pérgula, para chegar até a porta de acesso havia dois lances de rampas (FIGURA 110). O dormitório de empregada foi projetado como um apartamento, com acesso independente e com a mesma orientação que os demais ambientes, proporcionando o acesso ao sol de inverno. A escada de acesso ao dormitório, em espiral, é integrada à área de serviço nos fundos da residência, dando a esse espaço um tratamento também inovador.



FIGURA 109 – VISTA DA FACHADA VOLTADA PARA A RUA
FONTE: A autora (2007)

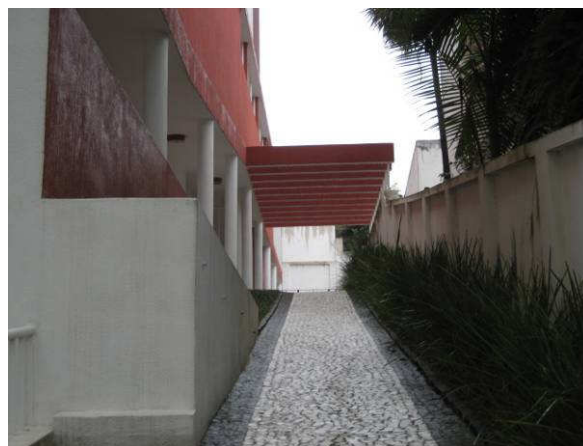


FIGURA 110 – VISTA DA RAMPA DE ACESSO
FONTE: A autora (2007)

5.3.1 Análise

Com base na literatura e na leitura do projeto, inicialmente foram identificadas as seguintes soluções que abrangem a preocupação em adaptar a edificação ao seu meio e também típicas da arquitetura moderna, apresentadas no QUADRO 9:

Implantação longitudinal
Insolação
Pilotis
Sala com pé-direito duplo
Tipologia da construção compacta

QUADRO 9 – SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS
FONTE: XAVIER (1985); DUDEQUE (2001); OLIVEIRA (2003)

Os dados arquitetônicos da residência foram reunidos no QUADRO 10 a seguir para serem analisados segundo os critérios estabelecidos anteriormente:

1. Obra:	Residência João Luiz Bettega
2. Data do projeto/ construção:	1953
3. Estado de conservação:	preservada
4. Endereço:	Rua da Paz, 479
5. Eixo de orientação	aproximadamente Nordeste-Sudoeste

continua

conclusão

6. Orientação	NNO: salas de estar e jantar, copa, cozinha, dormitórios, banheiros, estúdio
	SSO: varanda
	SSE: rampas de circulação vertical, café (junto à cozinha)
	ENE: banheiro de empregada
7. Paredes	Alvenaria de tijolos (externas e = 15 cm; internas e = 15 cm) Panos de vidro
8. Cores originais	Pintura externa: cor de tijolo e branco Sala de estar e jantar: pintura nas cores cinza e vermelha Cozinha: azulejos nas cores amarela e marrom (originais) Copa: revestimento de madeira (lambriel) na cor branca Dormitórios: pintura nas cores azul e verde Banheiros: azulejos originais
9. Forro	Cozinha e copa: laje dupla de concreto armado Salas, dormitórios e banheiros: laje simples de concreto armado
10. Cobertura	Laje plana com telhas de fibrocimento 6 mm (refeita igual a original)
11. Aberturas	Sala de estar: 75,25 m ² - área total, sendo: 17,17 m ² - duas janelas com 4 folhas de correr, seis bandeiras fixas e duas basculantes de ferro e vidro 1,54 m ² - uma porta de ferro e vidro 34,32 m ² - vidro fixo (face NNO) 22,22 m ² - vidro fixo (face SSO) Sala de jantar: 16,80 m ² - área total Copa: 2,31 m ² - área total Cozinha: 5,34 m ² - área total, sendo: 1,92 m ² - basculante 1,82 m ² - fixa 1,60 m ² - porta de abrir Dormitórios: 6,22 m ² a 6,37 m ² - de madeira tipo guilhotina, com veneziana externa
12. Área de ventilação	Sala de estar: 8,56 m ² (22% da área de piso)
	Sala de jantar: 6,88 m ² (16% da área de piso)
	Copa: 1 m ² (7% da área de piso)
	Cozinha: 3,52 m ² (17% da área de piso)
	Dormitórios: 3,11 m ² a 3,18 m ² (variam de 11% a 13,5% da área de piso)
	Dormitório de empregada: 2,05 m ² (16% da área de piso)
13. Proteção das aberturas	Elementos de alvenaria Projeção do pavimento superior
14. Outros	Obstruções externas: árvores e prédios
15. Paisagismo	Não
16. Área de superfícies externas/ número de moradores	780,46 m ² / 9 moradores = 86,72 m ² / morador

QUADRO 10 – DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA JOÃO LUIZ BETTEGA
FONTE: A autora, 2008

5.3.1.1 Implantação e orientação

A trajetória solar foi determinante na solução da implantação no sentido longitudinal do terreno juntamente com o afastamento na lateral esquerda e a distribuição dos cômodos com aberturas para esta face (NNO). Deste modo, foi possível propiciar luz solar direta a todos os espaços de longa permanência, que contribui para o seu aquecimento nos períodos frios. A utilização dos pilotis aumenta a área de superfícies externas expostas às perdas de calor por convecção e condução para o ar externo, sendo que a utilização de uma forma compacta poderia ser um fator importante para reduzir tais perdas.

Portanto, pode-se considerar que o tratamento dado pelo arquiteto à implantação e à orientação, de modo a aproveitar a radiação solar para o condicionamento térmico passivo está de acordo com a estratégia B da NBR 15220; sendo que não ocorre o mesmo com a solução da forma.

5.3.1.2 Vedações

As vedações externas e internas da edificação são de alvenaria de tijolos cerâmicos com quatro furos, com quinze centímetros de espessura.

As vedações externas atendem à transmitância recomendada pela norma sendo igual a $2,49W/(m^2.K)$, e também ao atraso térmico (3,7 horas). Porém, o fator de ganho solar, considerando a pintura na cor vermelha, é igual a 7,3%, acima do limite indicado.

Se a pintura fosse na cor branca ou até mesmo verde clara, o fator de ganho solar seria mais baixo, 1,99% e 3,98% respectivamente, e atenderia ao critério normativo.

O revestimento externo na época em que a residência foi construída era um composto de minerais denominado “massa raspada” pintado (FIGURA 111). As cores externas atuais são muito próximas das cores originais – branco e cor de tijolo. A cor vermelha escura aplicada nas superfícies exteriores absorve maior quantidade

de radiação (α varia de 0,5 a 0,7)⁷ incrementando o ganho de calor solar e postergando a necessidade de aquecimento artificial quando necessário.

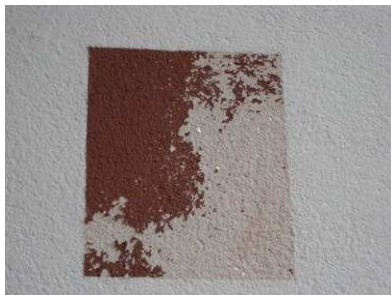


FIGURA 111 – REVESTIMENTO EXTERNO ANTIGO
FONTE: A autora (2007)

As paredes internas são leves e não são pesadas como o sugerido pela norma para contribuir na manutenção do interior aquecido.

A utilização do vidro em abundância proporciona à edificação transparência e a leveza, características da arquitetura moderna. Praticamente 50% da vedação da fachada NNO é envidraçada, o que implica em um aporte considerável na carga térmica incidente na edificação (FIGURA 112). Em regiões de clima quente este acréscimo na temperatura seria indesejável. Em Curitiba, porém, o aquecimento solar passivo é necessário. Nesta obra, Artigas utiliza os panos de vidro na fachada NNO, orientação que recebe grande quantidade de radiação solar no período frio e pouca no calor. No entanto, as áreas envidraçadas tanto são os principais elementos de ganhos como de perdas térmicas em edificações.

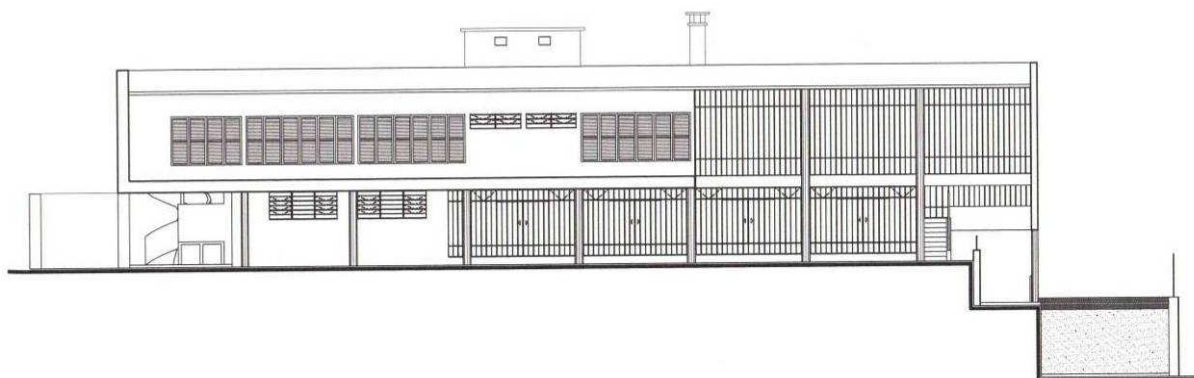


FIGURA 112 – ELEVAÇÃO LATERAL ESQUERDA, FACHADA NNO
FONTE: OLIVEIRA (2003)

⁷ FROTA e SCHIFFER, 1988, p.193.

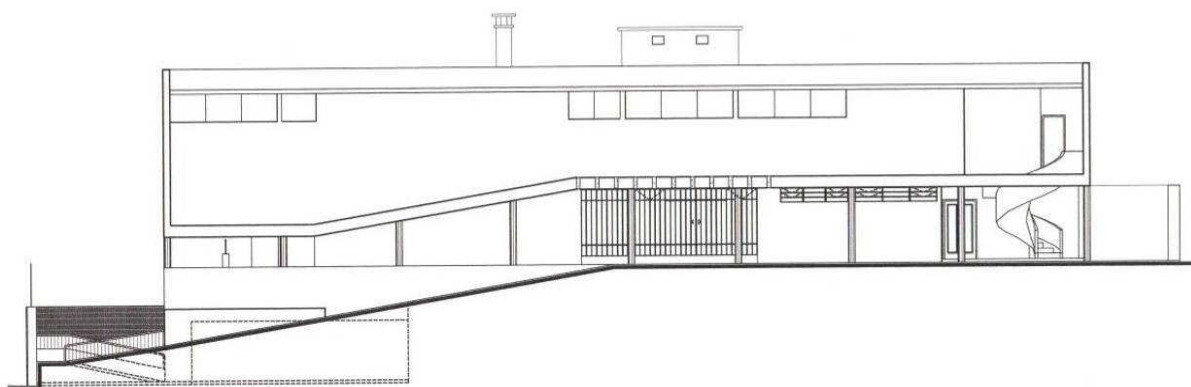


FIGURA 113 – ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA , FACHADA SSE
 FONTE: OLIVEIRA (2003)

Para a cobertura, a NBR 15220 indica que seja do tipo leve isolada. Na residência, o sistema utilizado é uma cobertura de telhas de fibrocimento sobre laje de concreto. O valor da transmitância térmica para uma cobertura de telha de fibrocimento com laje de concreto de 12cm, igual a $1,93W/(m^2.K)$, situação que se aproxima à encontrada na obra, está dentro do recomendado pela norma. Também atende ao limite da norma, o fator de ganho solar, igual a 6,5%, já considerando neste valor o escurecimento das telhas provocado pelo tempo e pela poluição. Porém, o valor referente ao atraso térmico - de 3,6 horas - é maior que o indicado, sendo, portanto, a solução inadequada à norma. Segundo a norma, uma solução adequada seria a cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira.

Entre o primeiro e o segundo pavimento foi utilizada laje dupla. Contemporâneo de Vilanova Artigas, Lolô Cornelsen relata em entrevista que a solução da laje dupla era utilizada para esconder as vigas e tubulações (FIGURA 114). Embora não haja relato sobre esta obra especificamente, como foi usada no pavimento intermediário é possível que a intenção tenha sido a mesma.

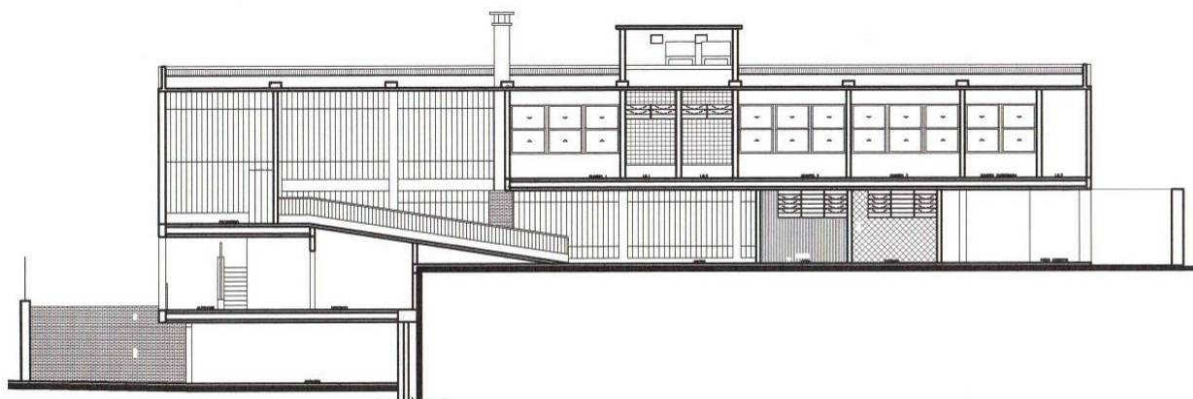


FIGURA 114 – CORTE TRANSVERSAL
FONTE: OLIVEIRA (2003)

5.3.1.3 Aberturas

As aberturas para ventilação das salas de estar e jantar estão dentro do indicado pela NBR 15220-3 (2005), sendo correspondentes a 22% e 16% da área de piso respectivamente. Ainda, a ventilação cruzada pode ser possibilitada nestes ambientes, através da abertura da janela do hall.

Também atende à indicação da norma a área de ventilação da cozinha, sendo igual a 17% da área de piso. As janelas da cozinha, dispostas paralelamente, possibilitam a ventilação cruzada e, por serem basculantes, são adequadas também ao período frio, por permitirem a ventilação seletiva necessária para higiene do ar interno (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Os dormitórios possibilitam a abertura de somente metade do vão da janela para ventilação e estão abaixo do recomendado, variando de 11,3% a 13,5%. Somente o dormitório de empregada, com 16,8% de aberturas pela área de piso, está dentro do limite indicado pela norma.

5.3.1.4 Incidência solar e sombreamento

As aberturas dos dormitórios são de madeira e protegidas por venezianas também de madeira com pintura na cor branca. Por causa do sistema de funcionamento das venezianas, funcionam como um anteparo vertical, protegendo da incidência direta de sol quando abertas (FIGURA 115 e FIGURA 116).



FIGURA 115 – VISTA INTERNA DO DORMITÓRIO
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 116 – DETALHE DA
ESQUADRIA
FONTE: A autora (2007)

Nas simulações para verificar a incidência de sol nos dormitórios, desconsiderou-se a existência dos prédios vizinhos. Observa-se nos gráficos que no verão a incidência de sol é quase inexistente enquanto que no inverno, se dá ao longo da manhã e da tarde, penetrando no dormitório todo (GRÁFICO 15 e GRÁFICO 16).

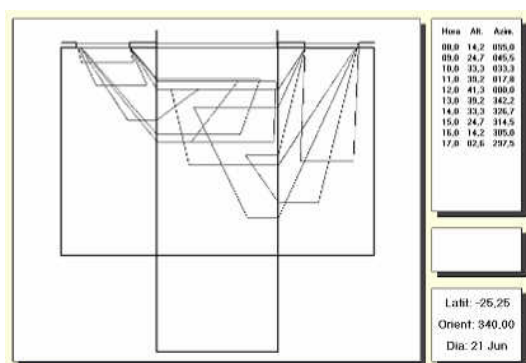


GRÁFICO 15 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

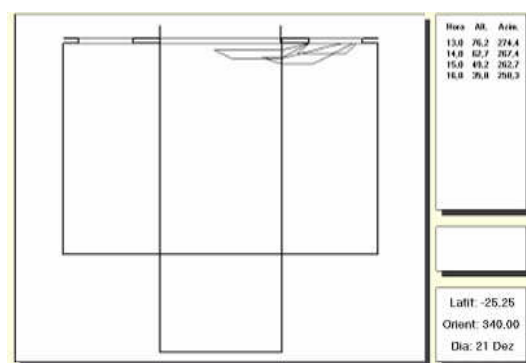


GRÁFICO 16 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

No intuito de verificar a influência do anteparo horizontal de alvenaria sobre as esquadrias do pavimento superior (de orientação NNO) e da proteção gerada pelas venezianas abertas – que funcionam como os dispositivos de proteção solar – simulou-se a incidência solar no mês de fevereiro, quando as temperaturas ainda são elevadas em Curitiba. Observa-se que o anteparo horizontal de alvenaria sobre a esquadria e a proteção das venezianas abertas - funcionando como um anteparo vertical - são insuficientes para proteger do sol, que adentra o ambiente durante várias horas do dia (GRÁFICO 17).

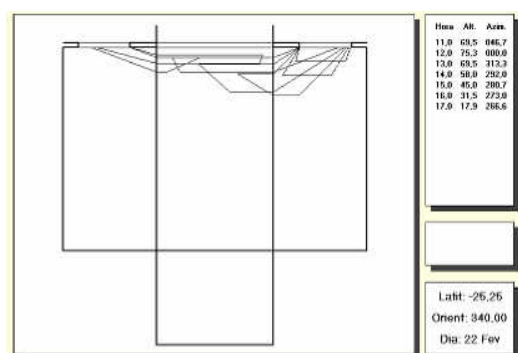


GRÁFICO 17 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO DIA 22 DE FEVEREIRO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Na simulação das janelas da sala de estar, também orientadas a NNO, incluiu-se o muro da divisa e desconsiderou-se a existência das árvores bem como da viga e do pilar entre as esquadrias.



FIGURA 117 – VISTA INTERNA DA SALA DE ESTAR
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 118 – VISTA INTERNA DA SALA DE ESTAR
FONTE: A autora (2007)

No caso desta sala, os vidros funcionam como vedação do ambiente com pé-direito duplo (FIGURA 117 e FIGURA 118). A grande área envidraçada possibilita o acesso de sol durante todo o dia no solstício de inverno, incidindo em todas as paredes internas do espaço (GRÁFICO 18). No solstício de verão, há também radiação solar, porém somente no período da tarde e em quantidade menor (GRÁFICO 19). Contudo, a simulação para o mês de fevereiro, quando há ocorrência de temperaturas altas em Curitiba, mostra que a radiação solar adentra o espaço durante várias horas do dia, gerando aquecimento indesejável (GRÁFICO 20).

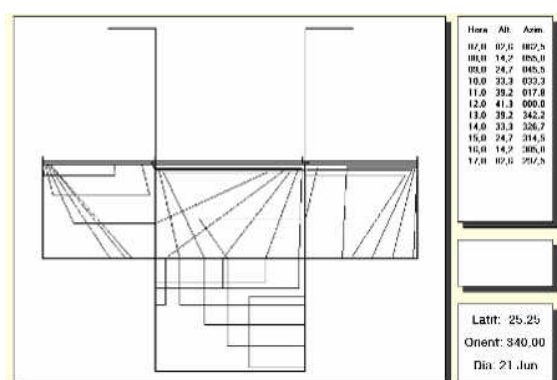


GRÁFICO 18 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA AS JANELAS DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

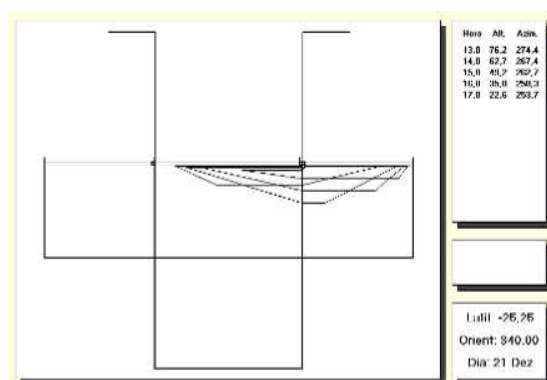


GRÁFICO 19 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA AS JANELAS DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

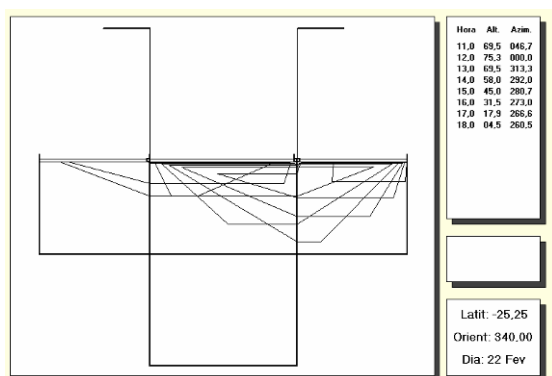


GRÁFICO 20 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA AS JANELAS DA SALA DE ESTAR, NO DIA 22 DE FEVEREIRO
 FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

No projeto da residência, Artigas utilizou o aquecimento solar passivo adequadamente (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA; 1997) – as superfícies envidraçadas foram orientadas ao sol (NNO), as aberturas são reduzidas nas demais orientações menos favoráveis e o espaço do jardim tem proporções apropriadas para receber o sol do inverno. Hoje, mesmo com a presença dos prédios vizinhos, o recuo na lateral esquerda tem dimensões que permite a incidência de sol na edificação.

Em entrevista, Maria José Bettega, filha do primeiro proprietário da residência, relata sobre o uso dos espaços de estar e jantar: “Aquele espaço grande era para congrega a família, que era a lareira e a sala de jantar, onde a gente ficava. (...) E a gente ficava ali, porque batia sol a tarde inteira. A gente ficava tomando sol, principalmente no inverno.” (BETTEGA, 2004 apud CASA VILANOVA ARTIGAS, 200-).

Observa-se na fotografia antiga o uso de cortinas no espaço da sala (FIGURA 119). Possivelmente eram utilizadas para proteção da incidência direta do sol e também para propiciar privacidade aos moradores.

Atualmente, a função de habitação foi substituída por um escritório. Segundo informação de um dos usuários, “a casa é quentinha no inverno e fresca no verão”. No entanto, há discordância com a opinião de outro, que relata:

nesta casa pensou-se na luz e não no conforto térmico – há muitas áreas de vidro e a casa é muito fria, mesmo no verão. Quando chego da rua, tenho que vestir um casaco para ficar dentro da casa. Então, a casa é muito bem iluminada mas, como tem muitas áreas envidraçadas, o calor se vai por aí.

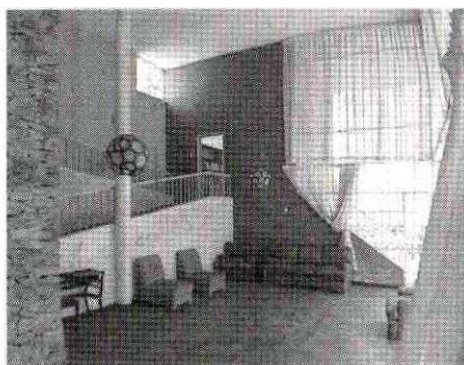


FIGURA 119 – VISTA DA SALA DE ESTAR
FONTE: DUDEQUE (2001)

A janela da cozinha, de mesma orientação que as demais simuladas, é protegida pelo pavimento superior que avança 40 cm em relação à face externa da janela - 54 cm da face interna (FIGURA 120 e FIGURA 121). A combinação da correta orientação do ambiente e a proteção de dimensões suficientes desempenha de modo eficaz sua função de permitir o acesso do sol no inverno e proteger no verão (GRÁFICO 21 e GRÁFICO 22).



FIGURA 120 – FACHADA NNO
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 121 – JANELA SIMULADA NA VISTA
INTERNA DA COZINHA
FONTE: A autora (2007)

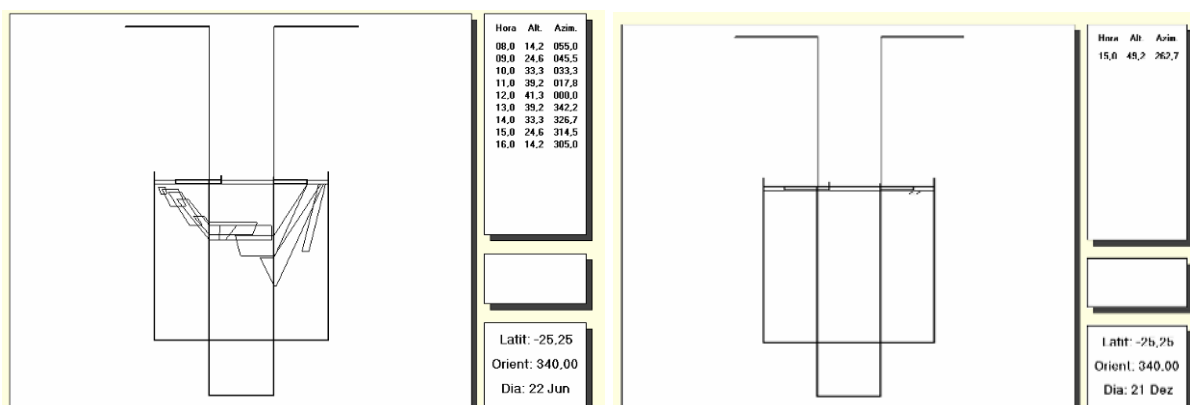


GRÁFICO 21 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

GRÁFICO 22 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Observa-se que no mês de fevereiro a incidência solar ocorre em algumas horas da tarde, em pouca quantidade (GRÁFICO 23).

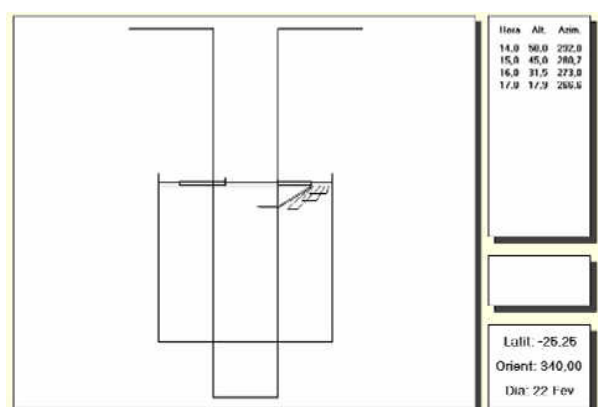


GRÁFICO 23 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO DIA 22 DE FEVEREIRO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Simulou-se a situação de solstício de verão retirando a proteção horizontal desta janela. Observa-se que tal dispositivo evita a incidência de sol nos meses quentes (GRÁFICO 24). Há ainda a influência do muro - quando desconsiderado na simulação, permite a incidência de mais uma hora de sol no período da tarde (GRÁFICO 25).

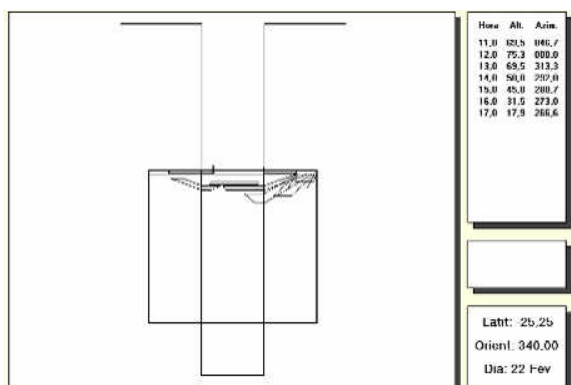


GRÁFICO 24 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO DIA 22 DE FEVEREIRO, SEM A PROTEÇÃO HORIZONTAL
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

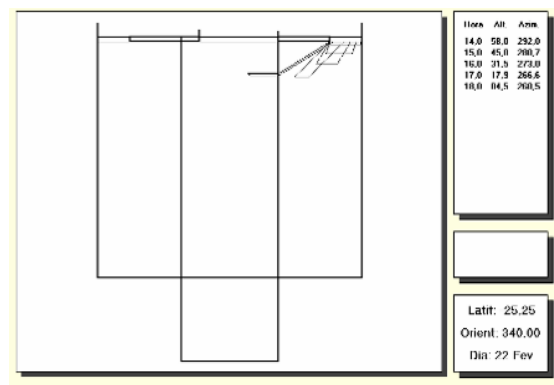


GRÁFICO 25 - INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA NNO DA COZINHA, NO DIA 22 DE FEVEREIRO, SEM O MURO LATERAL
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

5.3.1.5 Iluminação natural

A orientação dos panos de vidro das salas para NNO aproxima-se da área de céu mais brilhante – em dias de céu claro - e que propicia maior intensidade luminosa. Para locais de habitação, um dos critérios de desempenho de iluminação natural é a uniformidade máxima entre dois pontos quaisquer do local (VIANNA; GONÇALVES, 2004). Observa-se que, na sala de estar, o critério da uniformidade é atendido, além de ser provido com farta iluminação natural (GRÁFICO 26).

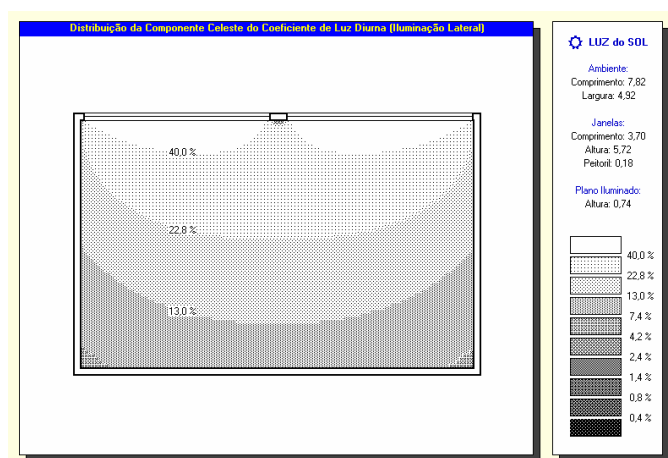


GRÁFICO 26 – LUZ DIFUSA, SALA DE ESTAR, NO DIA 22 DE DEZEMBRO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Na sala de estar, a pintura antiga era semelhante à atual. Compõem as paredes deste ambiente os panos de vidro, a lareira de pedra, o revestimento de madeira sobre a lareira e as paredes com pintura nas cores vermelha e branca (FIGURA 122, FIGURA 123 e FIGURA 124). O piso é de madeira e os tetos com pintura na cor branca (FIGURA 125). A pintura da sala de jantar era na cor cinza (FIGURA 126).



FIGURA 122 – VISTA DA SALA DE ESTAR
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 123 – VISTA DA SALA DE ESTAR
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 124 – CAMADAS DE PINTURA EXIBINDO A COR ATUAL E AS CORES ANTIGAS DA SALA DE ESTAR
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 125 – DETALHE DO PISO DE MADEIRA
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 126 – CAMADAS DE PINTURA EXIBINDO A COR ATUAL E AS CORES ANTIGAS DA SALA DE JANTAR
FONTE: A autora (2007)

Neste espaço há um equilíbrio no uso de cores escuras e claras. O pé-direito duplo da sala e as aberturas que ocupam todo o vão da parede possibilitam boa luminosidade nesses espaços, sem haver necessidade de uso de luz artificial durante o dia.

Os dormitórios, também orientados para NNO, possuem áreas bem iluminadas nas proximidades da janela e escuras no fundo do ambiente (GRÁFICO

27). Essa diferença pode ser aprazível no dormitório. Também há a possibilidade de escurecer o ambiente com o fechamento das venezianas para o desempenho da função comum neste espaço – dormir. Para outras funções como leitura e escrita, há a possibilidade de levar o trabalho para a proximidade da janela, onde há maior nível de iluminação. É o que ocorre no uso atual, com a função de escritório (FIGURA 127 e FIGURA 128).

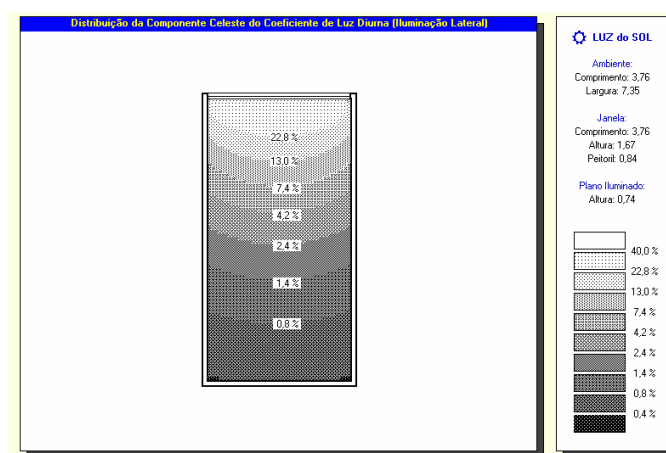


GRÁFICO 27 – LUZ DIFUSA, DORMITÓRIO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)



FIGURA 127 – VISTA DE UM DORMITÓRIO
FONTE: A autora (2007)



FIGURA 128 – VISTA DA PAREDE OPOSTA
À JANELA DE UM DORMITÓRIO
FONTE: A autora (2007)

5.3.2 Considerações finais

Quando confrontada com os requisitos normativos, primeiramente verifica-se a concordância com a estratégia B de condicionamento térmico, no que se refere à orientação e à implantação; porém não há concordância com respeito à forma. As áreas de abertura para ventilação das salas e da cozinha também estão de acordo, no entanto as aberturas dos dormitórios ficam abaixo do indicado. As paredes internas não são pesadas como o indicado. As paredes externas atendem aos critérios no que se refere ao sistema construtivo, no entanto, a pintura na cor vermelha interfere no fator de ganho solar e torna a solução inadequada. Surge aqui uma dúvida, pois no detalhamento da estratégia B, há recomendação para que a cor externa seja definida para o aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.

O sombreamento nos dormitórios (propiciado pelas venezianas abertas e pela saliência de alvenaria), na cozinha (com o avanço do pavimento superior) e na sala, permitem a incidência de sol em períodos frios conforme instrução da norma. No entanto, embora não haja recomendação de sombreamento das aberturas durante os meses de verão, neste período há na sala ocorrência de luz solar direta durante várias horas do dia. Com o ganho de calor expressivo pode ocorrer desconforto, mesmo com a possibilidade de ventilação cruzada, conforme relata um dos usuários.

5.4 RESIDÊNCIA JOAQUIM FRANCO (1953)

Projeto do arquiteto Elgson Ribeiro Gomes que, em Curitiba, era o maior projetista de grandes edifícios. Uma das poucas residências que projetou, para Joaquim Franco, não recebeu muita divulgação.

A entrada social da residência é marcada pelas formas curvas. A vedação é feita com elementos cilíndricos vazados de cerâmica, que se assemelham à produção então contemporânea de Le Corbusier (FIGURA 129 e FIGURA 130).

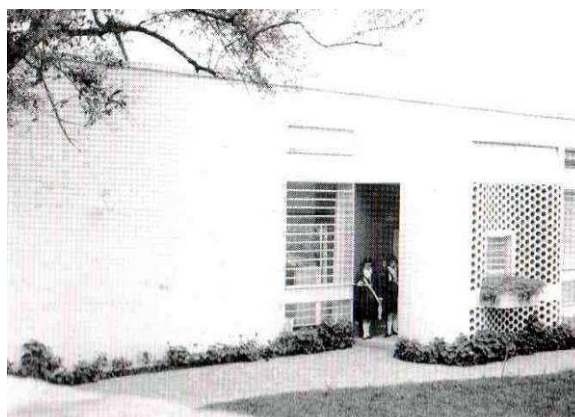


FIGURA 129 – VISTA ANTIGA DA ENTRADA SOCIAL
FONTE: DUDEQUE (2001)



FIGURA 130 – VISTA RECENTE DA ENTRADA SOCIAL
FONTE: IPPUC *et al.* (2003b)

Os espaços da residência estão distribuídos em três blocos, formando um pátio interno. Para a frente do terreno foi disposta a área social. Na lateral esquerda, localizam-se os espaços de serviço e a circulação que dá acesso à área íntima, onde ficam os dormitórios. O bloco onde ficam os dormitórios foi construído sobre pilotis com o objetivo de proporcionar, a partir da sala, a vista de um bosque nos fundos do terreno (FIGURA 131 e FIGURA 132).

Neste período, era comum que a forma das residências fosse compacta. Neste projeto o arquiteto decompõe a residência em três blocos, segundo Dudeque (2001) por razões climáticas e psicológicas. A razão climática estaria relacionada ao

aumento do perímetro exposto ao sol nos meses de inverno, intenção esta que será analisada adiante.

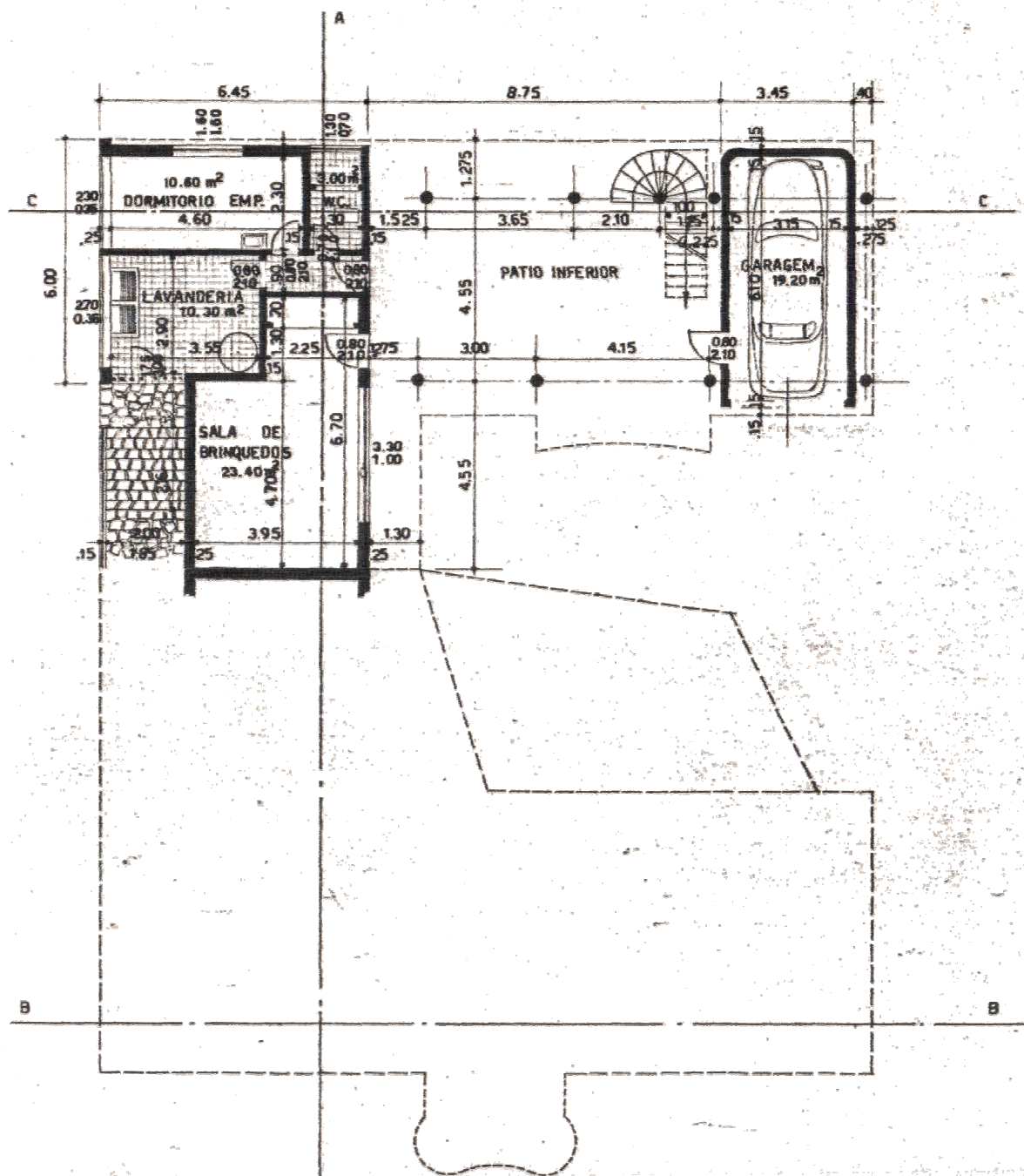


FIGURA 131 – PLANTA PAVIMENTO INFERIOR
FONTE: GOMES (1952)



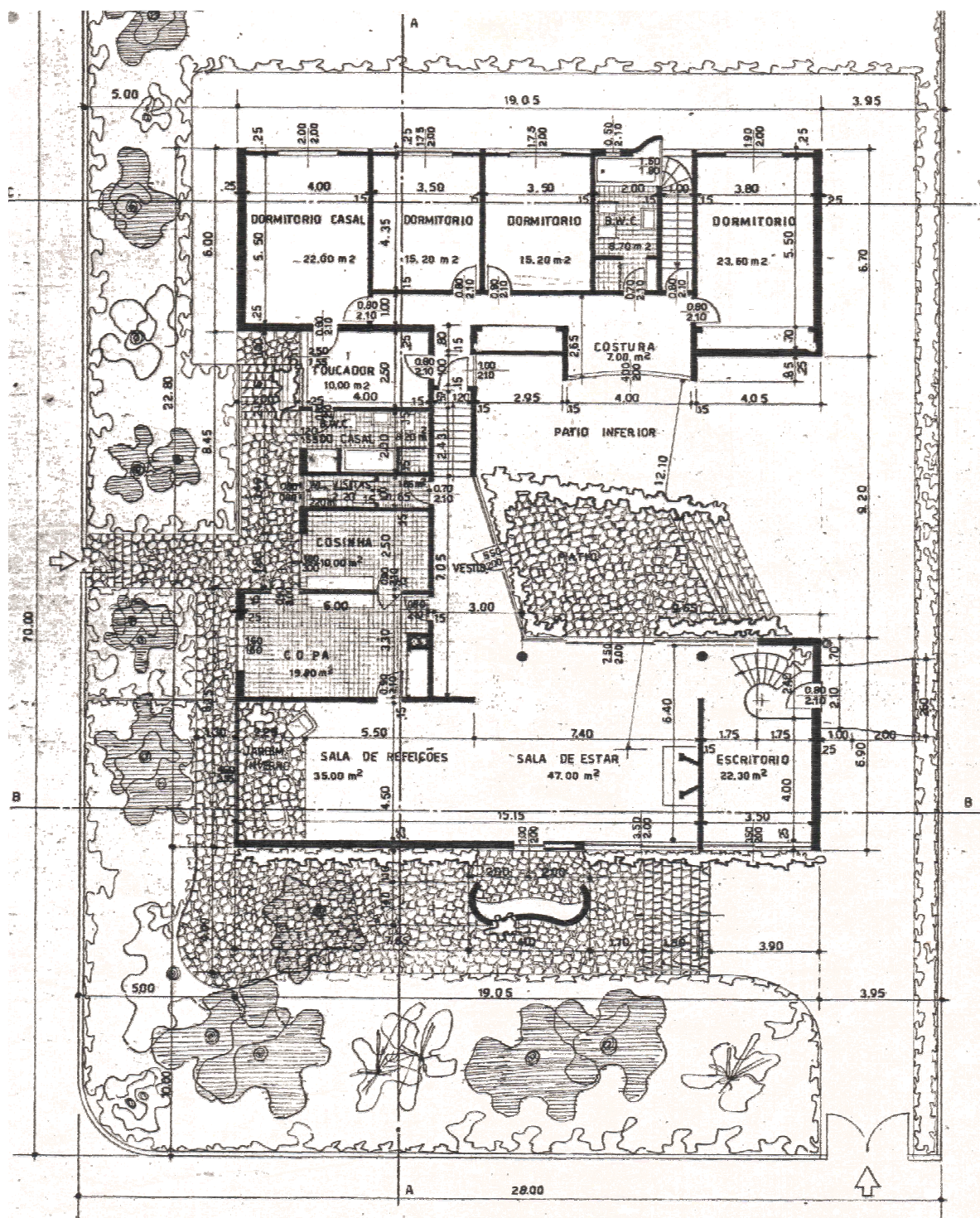


FIGURA 132 – PLANTA PAVIMENTO TÉRREO E SUPERIOR
 FONTE: GOMES (1952)



Os três blocos se voltam para o pátio interno, que os une visualmente e proporciona a extensão dos espaços internos (FIGURA 133).



FIGURA 133 – VISTA DO PÁTIO INTERNO
FONTE: RESIDÊNCIA Joaquim Franco (1979)

Nesta residência e na que Artigas projetou para a família Betttega, estão presentes princípios da arquitetura paulistana do mesmo período – estrutura independente, planta livre, panos de vidro, volumes geométricos simples e soltos do chão (ACAYABA, 1986 apud DUDEQUE, 2001, p.197). Estes elementos também estão relacionados ao trabalho de Elgson com Adolf Franz Heep, que teve forte influência na sua produção.

No Brasil, Heep desenvolveu alguns projetos de residências unifamiliares (geralmente para estrangeiros residentes aqui) e nesses projetos, ele repetiu elementos do repertório formal de seus edifícios: grandes panos de vidro, painéis de venezianas móveis, elementos vazados, *loggia*, marquises marcando os acessos. Esses projetos eram de casas introspectivas, fechadas para a rua e voltadas para um jardim interno, funcionalmente corretas e muito bem detalhadas (BARBOSA, 2002). No projeto desta residência, Elgson incorporou muitos destes aspectos (FIGURA 134).

Gnoato (1997) apresenta o discurso arquitetônico de Elgson da seguinte maneira:

dimensionamento dos espaços internos, dentro dos estudos desenvolvidos pelos CIAM; volumetria dos edifícios procurando compor sua geometria, normalmente modulada, com o desenho do lote e dentro de uma determinada economia construtiva; tratamento das fachadas, com *brises* ou elementos vazados, varandas, floreiras e marquises.



FIGURA 134 – VISTA EXTERNA DA RESIDÊNCIA
 FONTE: IPPUC *et al.* (2003b)

A residência foi demolida no decorrer da pesquisa e, infelizmente, antes de ser realizada uma visita à edificação.

5.4.1 Análise

A partir da análise da bibliografia e leitura do projeto arquitetônico, foram levantadas soluções tanto representativas do movimento moderno quanto voltadas para o conforto ambiental, apresentadas no QUADRO 11 abaixo:

Elementos vazados
Pilotis
Decomposição da planta em blocos
Pátio interno
Panos de vidro
Pé-direito alto da sala

QUADRO 11 – SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS
 FONTE: DUDEQUE (2001); MENONCIN; NUNES; PIROLI; KONO (2003)

Os dados referentes à arquitetura foram agrupados no QUADRO 12 a seguir para posterior análise:

1. Obra:	Residência Joaquim Franco
2. Autor do projeto:	Elgson Ribeiro Gomes
3. Data do projeto:	1953
4. Estado de conservação:	demolida
5. Localização:	Rua David Carneiro, 380
6. Eixo de orientação	Aproximadamente Norte-Sul
7. Orientação	NNE: suíte, dormitórios, banheiro, estar social, escritório
	SSO: estar social, escritório, costura
	ESE: depósito, circulação
	ONO: lavanderia, cozinha, copa, jantar, closet, lavabo
8. Paredes	Alvenaria de tijolos cerâmicos maciços (externas e = 25 cm; internas e = 15 cm)
9. Cores	Externas originais: branca
	Cores internas: quase branca
10. Forro	Madeira
11. Cobertura	Telha de fibrocimento
12. Aberturas	Suíte: 4,0 m ² - duas folhas de correr com veneziana de madeira
	Dormitório: 3,50 m ² - duas folhas de correr com veneziana de madeira
	Sala de estar: 24,71 m ² - área total, sendo:
	2,10 m ² - porta de abrir
	2,10 m ² - janela baixa com vidros fixos
	7,35 m ² - janela alta com duas folhas, sendo uma de correr
	1,40 m ² - abertura opaca basculante
	11,76 m ² - porta-janela com quatro folhas, sendo duas de correr
13. Área de ventilação	Sala de jantar: 7,09 m ² - área total, sendo:
	4,51 m ² - janela alta com quatro folhas, sendo duas de correr
	2,58 m ² - janela baixa com vidros fixos
	Suíte: 4,0 m ² (18% da área de piso)
	Dormitório: 3,50 m ² (23% da área de piso)
14. Proteção das aberturas	Sala de estar: 10,07 m ² (21% da área de piso)
	Sala de jantar: 2,25 m ² (8% da área de piso)
	Veneziana de madeira das janelas dos quartos
15. Paisagismo	Pilotis
16. Dispositivos de apoio	Floreiras
17. Área de superfícies externas/ número de moradores	Lareira
	1.001,90 m ² / 8 = 125,24 m ² / morador

QUADRO 12 - DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA JOAQUIM FRANCO
 FONTE: A autora (2008)

5.4.1.1 Implantação e orientação

A implantação da residência em dois níveis aproveitou o desnível existente no terreno, gerando no pavimento térreo do bloco dos fundos um espaço aberto sob pilotis. A distribuição dos cômodos foi feita de forma a propiciar que os dormitórios, apoiados nos pilotis, e o estar social tivessem aberturas para a face norte (no caso NNE); para tanto o arquiteto utilizou a solução da planta em forma de “U” formando um pátio (FIGURA 135, FIGURA 136 e FIGURA 137). Segundo informação do próprio arquiteto:

Primeiro fiz outro estudo para liberar o terreno ao máximo e a casa ficar no meio de um bosque. Toda a casa era virada para o norte para que fosse muito ensolarada. Então percebi que o terreno era muito grande e também que poderia aproveitar o desnível do terreno e subir só meio lance de escadas. Por isso decompus a casa de tal maneira que o living ficasse aqui e uma pessoa sentada podia ver o bosque. Não queria perder a insolação então criei uma distância para propiciar insolação para o living e o escritório também, daí a solução do pátio interno.



FIGURA 135 – VISTA DO PÁTIO A PARTIR DO EXTERIOR
FONTE: MENONCIN; NUNES; PIROLI; KONO (2003)



FIGURA 136 – VISTA DO PÁTIO A PARTIR DO INTERIOR
FONTE: MENONCIN; NUNES; PIROLI; KONO (2003)



FIGURA 137 – VISTA DA CIRCULAÇÃO ADJACENTE AO PÁTIO
FONTE: DUDEQUE (2001)

Tal desdobramento da planta e da forma teve o objetivo de aumentar o perímetro de paredes expostas ao sol nos meses de inverno. No entanto, esta solução expõe também todas as superfícies externas às perdas de calor por condução e convecção.

5.4.1.2 Vedações

As paredes externas são de tijolos maciços assentados na maior dimensão e têm espessura maior que as internas, segundo Elgson para atender às exigências municipais constantes do Código Civil da época.

Para as paredes externas, a recomendação da NBR 15220 é que sejam leves. O valor da transmitância térmica, de $2,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e o fator de ganho solar, considerando-se pintura na cor branca, igual a 1,8%, estão dentro do limite sugerido, porém o atraso térmico de 6,8 horas é maior que o indicado. O fator de ganho solar aumenta para 2,7% no caso de pintura na cor vermelha clara (semelhante à antiga) ou amarela clara, semelhante à atual; ainda atendendo ao critério normativo.

A cor externa atual está de acordo com as intenções originais do arquiteto, que planejou a pintura de alguns detalhes com a cor vermelha (FIGURA 138). No entanto, quando com função residencial, a pintura externa da obra era um branco rosado (FIGURA 139).

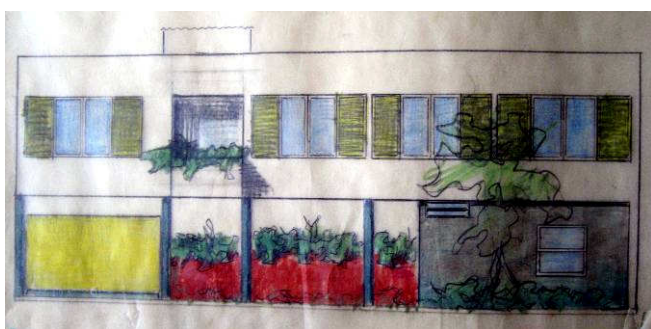


FIGURA 138 – CROQUI COM ESTUDO DE CORES DA FACHADA NNE
FONTE: GOMES (1952)



FIGURA 139 – VISTA DA FACHADA ONO
FONTE: RESIDÊNCIA Joaquim Franco (1979)

As paredes internas são de tijolos maciços assentados na menor dimensão. Os valores de transmitância térmica ($3,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) e atraso térmico (3,8 horas) não caracterizam as vedações como pesadas, conforme sugestão normativa.

A estratégia adotada combina, não de forma consciente, a utilização de massa térmica junto ao aquecimento solar passivo. No caso de temperaturas baixas,

a orientação e a forma adotada permitem o acesso da radiação solar a vários cômodos. O calor armazenado nas paredes pode ser devolvido ao interior nos horários mais frios. Porém, as perdas de calor podem ser acentuadas pelas grandes áreas envidraçadas.

A cobertura possui duas águas de telhas de fibrocimento inclinadas para uma calha central (FIGURA 140). Complementa o sistema o forro de madeira que acompanha a inclinação das telhas. Atendendo ao critério normativo, este sistema caracteriza a cobertura leve isolada, estando dentro dos limites indicados: os valores da transmitância, de $2,0W/(m^2.K)$; do atraso térmico, igual a 1,3 horas; e do fator solar, de 6,5%.

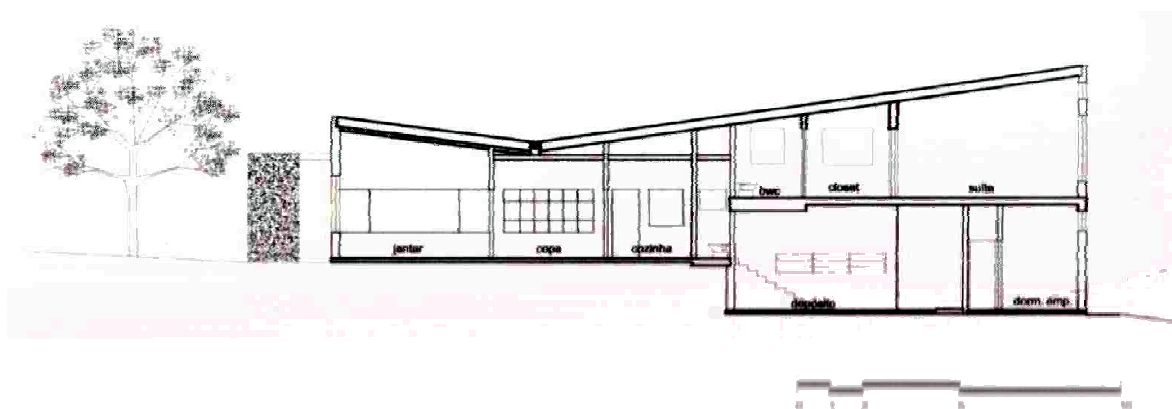


FIGURA 140 – CORTE LONGITUDINAL
FONTE: DUDEQUE (2001)

5.4.1.3 Aberturas

As áreas de abertura para ventilação do dormitório (23% da área de piso) e da suíte (18% da área de piso) são adequadas ao sugerido pela NBR 15220. O sistema das esquadrias dos dormitórios é composto por esquadrias de madeira com duas folhas de correr pelo lado externo da parede que possibilitam a abertura total do vão para ventilação (FIGURA 141). Complementam o sistema duas folhas de venezianas.

Segundo Gnoato (1997, p.141):

Elgson desenvolveu um vocabulário próprio no tratamento dado ao conjunto esquadrias e proteção do sol. A janela principal é de correr; sempre está presente janela basculante superior, logo abaixo da viga ou mesmo acima, rente à laje, e o peitoril é baixo para permitir sempre o máximo de iluminação.

Nos dormitórios, o peitoril das janelas é baixo, com altura de 50 cm. No projeto original, foram planejadas bandeiras basculantes rentes ao forro, para retirada do ar quente, porém não foram executadas nos dormitórios, somente na área social.

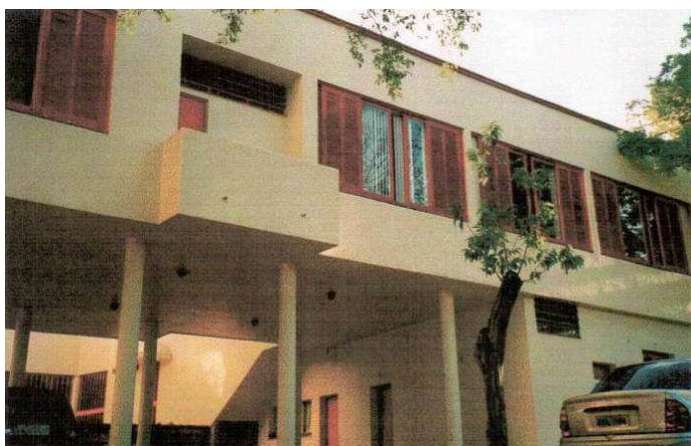


FIGURA 141 – VISTA DO BLOCO DOS DORMITÓRIOS SOBRE PILOTIS
FONTE: MENONCIN; NUNES; PIROLI; KONO (2003)

Na sala de estar, o sistema das aberturas voltadas para a fachada frontal (SSO) é composto de aberturas baixas com vidro fixo, janelas com duas folhas de correr acima delas e aberturas opacas basculantes junto ao forro (FIGURA 142 e FIGURA 143). Há ainda as portas-janela voltadas para o pátio interno, orientadas a NNE.

A ventilação propiciada pelas aberturas equivale a 21% da área de piso, dentro do limite indicado pela NBR 15220. Também é possível a ventilação cruzada propiciada pelas aberturas dispostas frente a frente, que, nos períodos quentes, pode auxiliar no condicionamento térmico (FROTA e SCHIFFER, 1988).

Na parte superior das esquadrias deste ambiente, foram utilizadas bandeiras basculantes, segundo Elgson para saída do ar quente. A solução é adequada para períodos frios, por permitirem a ventilação seletiva necessária para higiene do ar interno (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). A abertura baixa, com vidros fixos, pode auxiliar na iluminação natural deste espaço.

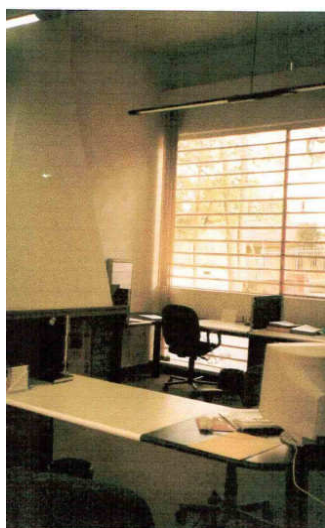


FIGURA 142 – VISTA INTERNA DO ESTAR SOCIAL
FONTE: MENONCIN; NUNES; PIROLI; KONO (2003)



FIGURA 143 – VISTA EXTERNA DAS JANELAS DO ESTAR SOCIAL
FONTE: MENONCIN; NUNES; PIROLI; KONO (2003)

A comparação com a orientação da norma foi feita considerando também a janela da sala de jantar bem como a delimitação de espaço pelo volume que divide com a sala de estar (FIGURA 144 e FIGURA 145). Neste caso, a área de ventilação é de 8%, abaixo do recomendado. Porém, é necessário considerar que a planta aberta possibilita a ventilação cruzada com as portas-janela do estar social.



FIGURA 144 – VISTA EXTERNA DA JANELA DA SALA DE JANTAR
FONTE: IPPUC *et al.* (2003b)



FIGURA 145 – VISTA INTERNA DA SALA DE JANTAR
FONTE: RESIDÊNCIA Joaquim Franco, 1979

5.4.1.4 Incidência solar e sombreamento

Observa-se na simulação da incidência de sol no dormitório, que a orientação deste cômodo a NNE possibilita a penetração dos raios solares durante poucas horas do dia no verão e várias horas do dia no inverno, possibilitando o aquecimento passivo deste espaço (GRÁFICO 28 e GRÁFICO 29). Porém, desconsiderou-se a existência da árvore na simulação, que proporciona sombreamento para a abertura. Embora não tenha sido planejada em projeto, a solução pode ser considerada adequada se a árvore perder as folhas nos meses frios para permitir a incidência de luz solar direta.

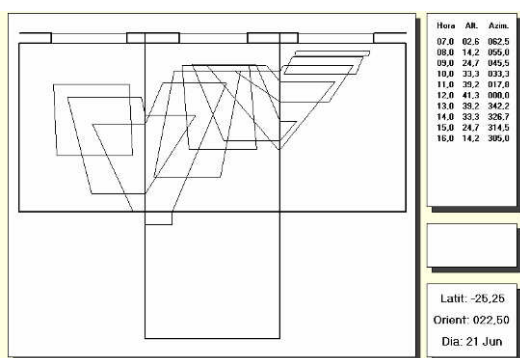


GRÁFICO 28 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

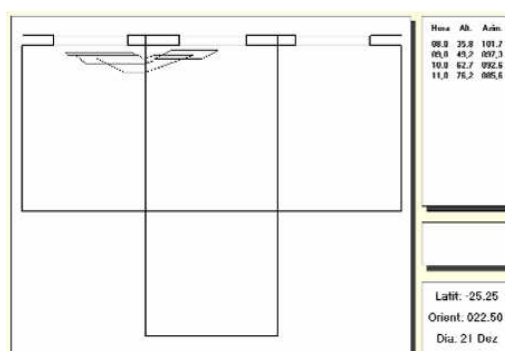


GRÁFICO 29 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

As janelas dos dormitórios são protegidas por venezianas de madeira. Nas demais aberturas da residência não há elemento de proteção externo.

A simulação da incidência de sol pela abertura da fachada frontal (SSO) foi feita considerando-se o volume de acesso que funciona como um anteparo. No período de inverno não há incidência de sol e no verão é quase inexistente (GRÁFICO 30 e GRÁFICO 31).

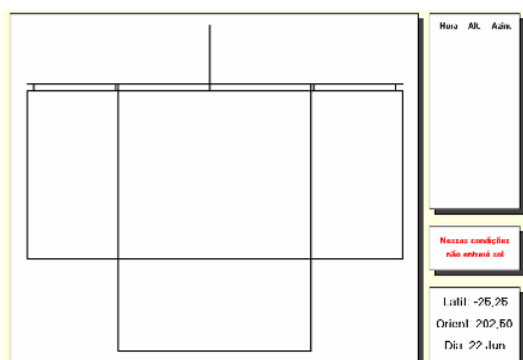


GRÁFICO 30 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA FRONTAL (SSO) DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

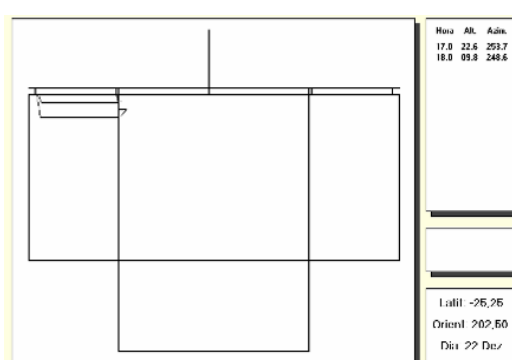


GRÁFICO 31 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA FRONTAL (SSO) DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

A simulação foi feita também para a abertura da sala de estar voltada para o pátio interno, com orientação NNE, e considerando-se os demais blocos da edificação. Observa-se que na situação de inverno o sol atinge o interior do cômodo no período da manhã (GRÁFICO 32). No verão, há incidência solar também no período da manhã, porém sem adentrar o ambiente em sua profundidade (GRÁFICO 33).

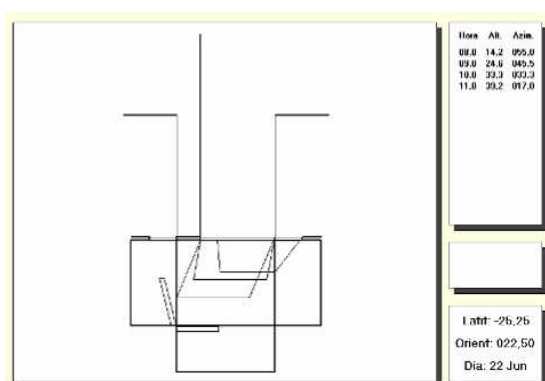


GRÁFICO 32 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A PORTA-JANELA (NNE) DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

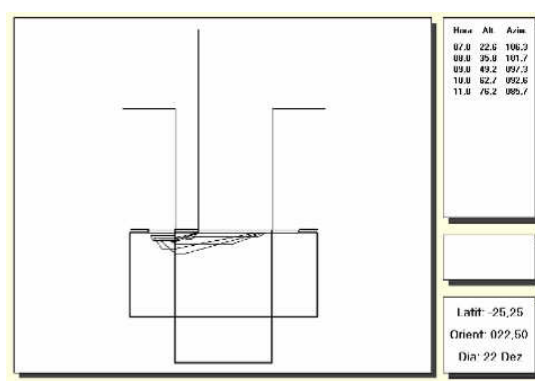


GRÁFICO 33 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A PORTA-JANELA (NNE) DA SALA DE ESTAR, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

A solução do pátio funciona conforme planejou o arquiteto - para propiciar insolação aos ambientes de convívio social. No entanto, a própria edificação funciona como um elemento de bloqueio à incidência solar. Poderia haver melhor aproveitamento da orientação NNE para as áreas sociais, se a solução original, compacta, tivesse sido executada.

A simulação para a sala de jantar foi feita para a janela superior e considerando o anteparo em alvenaria como a parede dos fundos. Na sala da jantar, orientada a ONO, a incidência solar direta no inverno ocorre desde o final da manhã até o final da tarde e a inclinação dos raios neste período permite que atinjam o cômodo profundamente, aquecendo-o de forma passiva (GRÁFICO 34).

No caso do solstício de verão, a incidência de sol ocorre também durante várias horas (GRÁFICO 35). Não há elemento de sombreamento, somente a espessura da parede. Observa-se nas fotos antigas da residência que eram usadas cortinas de cores claras, dispositivos que podem auxiliar na proteção solar. No entanto, mais eficiente seria um elemento externo à edificação.

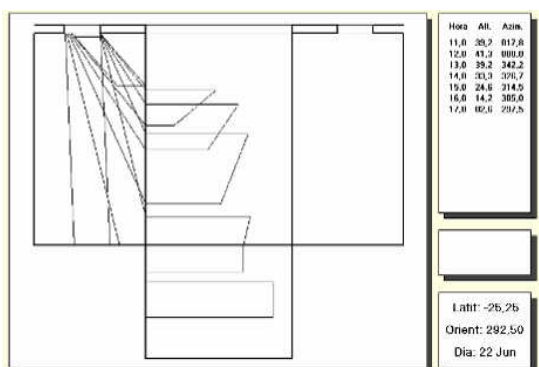


GRÁFICO 34 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO JANTAR, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

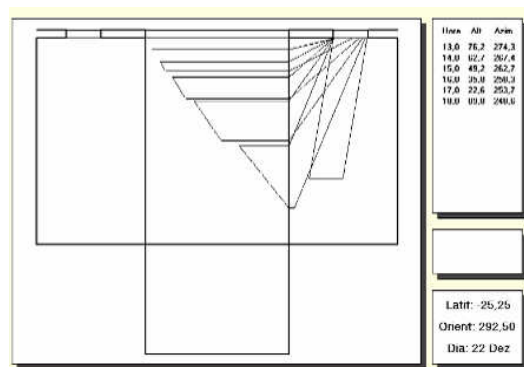


GRÁFICO 35 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO JANTAR, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

5.4.1.5 Iluminação natural

As cores internas originais eram próximas do branco (FIGURA 146). Segundo Elgson, buscava em suas obras utilizar cores suaves, próximas da cor branca mas com uma “sensação de cor”.

A orientação das aberturas dos dormitórios e da sala de estar, NNE, é adequada, pois se aproxima da área de céu mais brilhante em condição de céu claro. Observa-se que a distribuição da luz difusa simulada para um dos dormitórios, se dá de forma mais concentrada nas proximidades da janela (GRÁFICO 36). Nos fundos, o ambiente é pouco iluminado.



FIGURA 146 – VISTA DE ESPAÇO INTERNO
FONTE: RESIDÊNCIA Joaquim Franco, 1979

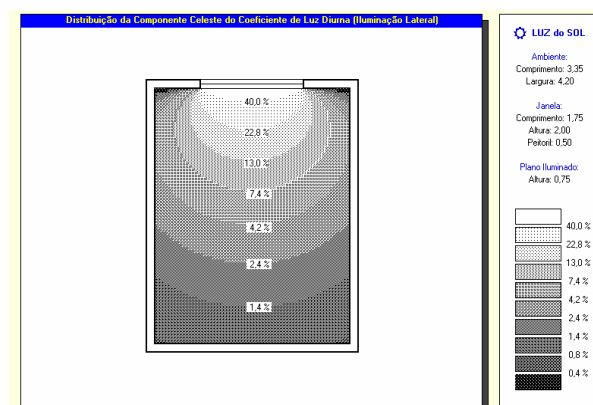


GRÁFICO 36 – LUZ DIFUSA, DORMITÓRIO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Conforme já mencionado anteriormente, a distribuição da luz difusa de forma não uniforme pode ser uma característica desejável nos dormitórios. Quando novos usos são dados aos espaços, pode-se planejar a localização de bancadas de trabalho nas proximidades da janela. O uso de cores suaves e esbranquiçadas nas paredes e no forro contribui para a reflexão da luz natural.

No caso da sala de estar, a distribuição de luz difusa foi simulada isoladamente para cada uma das suas janelas. Observando as simulações separadamente, verifica-se que há uma concentração da luz nas áreas adjacentes à janela e que a área na parede oposta à da janela é mais escura (GRÁFICO 37 e GRÁFICO 38). No entanto, há que se considerar que as janelas foram dispostas frente a frente; portanto a distribuição da luz natural se dá de forma mais uniforme.

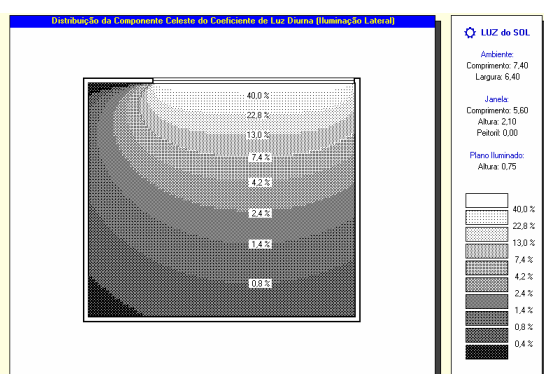


GRÁFICO 37 – LUZ DIFUSA, PORTA-JANELA DA SALA DE ESTAR (NNE)
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

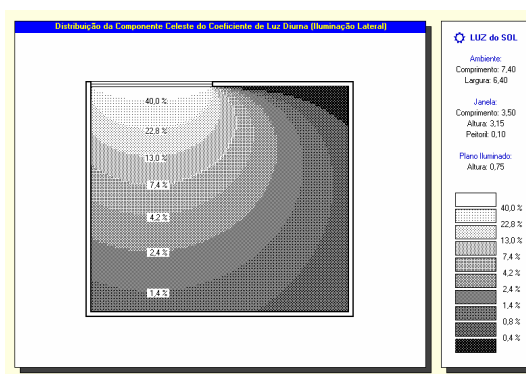


GRÁFICO 38 – LUZ DIFUSA, ABERTURA NA FACHADA FRONTAL DA SALA DE ESTAR (SSO)
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

5.4.2 Considerações finais

De acordo com o detalhamento da estratégia B de condicionamento térmico passivo da NBR 15220, a forma, a orientação e a implantação da edificação podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio, por meio da insolação. Na concepção deste projeto, o arquiteto procurou uma solução que contemplasse esses aspectos. No entanto, a forma adotada acentua as perdas de calor.

Nos dormitórios e na sala de estar, as aberturas para ventilação estão de acordo com os critérios da norma, sendo que nos primeiros há a possibilidade de aquecimento passivo no período frio e há pouca incidência solar no verão.

As aberturas dos dormitórios e da sala de estar possuem a mesma orientação. Entretanto, a sala de estar é sombreada pelo volume da edificação e com isto, há uma redução significativa da incidência solar direta.

Conforme mencionado anteriormente, não há recomendação da norma quanto ao sombreamento das aberturas nos meses de verão. Porém, verifica-se que a radiação solar atinge os dormitórios durante algumas horas da manhã no verão. As árvores podem funcionar como dispositivos de proteção neste caso.

As paredes externas e internas não atendem aos critérios normativos.

5.5 RESIDÊNCIA MÁRIO PETRELLI (1964)

Projeto da equipe formada por Luiz Forte Netto, Francisco Moreira, Roberto Luiz Gandolfi e José Maria Gandolfi, esta residência está localizada à rua Carmelo Rangel, junto a um conjunto de obras residenciais importantes deste período.

Foi executada no período seguinte à década de 60, definido por Gnoato (1997) como “modernismo tardio”, que apresenta influência do brutalismo paulista. Essa etapa teve início com a criação do Curso de Arquitetura e Urbanismo na UFPR, da qual participaram Luiz Forte Netto e Roberto Gandolfi, autores do projeto desta residência. Estes profissionais, formados no Mackenzie, tiveram forte influência sobre os arquitetos paranaenses.

Dudeque (2001) destaca que esta obra é a que melhor se mantém para compreender por que a arquitetura executada pelos paulistas instalados na cidade foi surpreendente aos olhos dos arquitetos aqui formados, sendo para eles um modelo formal. A vinculação da obra com a arquitetura paulista, especialmente a desenvolvida por Rino Levi (com quem Luiz Forte Netto conviveu) e Oswaldo Bratke, é visível em vários aspectos: no rigor construtivo, na ênfase estrutural, no fechamento da edificação sobre si mesma (SUZUKI, 2003).

Também é característica da “Casa Paulista” a solução espacial utilizada nesta residência, na qual diversos meios níveis são construídos sob uma cobertura de forma retangular (GNOATO, 2004). Segundo Gnoato (2004), esta obra pode ser considerada uma versão maneirista da “Casa Paulista”, pelo desenho e dimensões avantajadas das vigas estruturais e pelos volumes curvos que geram alguns espaços internos.

No entanto, enquanto que os arquitetos paulistas exerciam a arquitetura com intenção de expressar questões ideológicas, ligadas à política, os engenheiros-arquitetos de Curitiba se preocupavam somente com a arquitetura. A utilização do concreto e materiais brutos era, para os profissionais curitibanos, um recurso relacionado às possibilidades de criação de espaços surpreendentes e diferentes texturas (DUDEQUE, 2001).

Outra característica que diferencia a tipologia residencial desenvolvida em Curitiba da paulista é o fato de que, em Curitiba, os arquitetos tinham disponíveis terrenos com dimensões mais generosas e em ambiente urbano mais aprazível que em São Paulo, onde ocorria negação do espaço urbano e era necessário recriá-lo no lote (GNOATO, 2004).

Na residência estudada, o terreno com declive orientou a distribuição dos espaços em três níveis, organizados em torno de um pátio interno (XAVIER, 1985). Sobre o pátio interno foi planejada iluminação zenital. Uma grande cobertura com inclinação e altura diferenciadas organiza os ambientes. Os espaços de estar e os dormitórios são voltados para o Norte (FIGURA 147 e FIGURA 148).

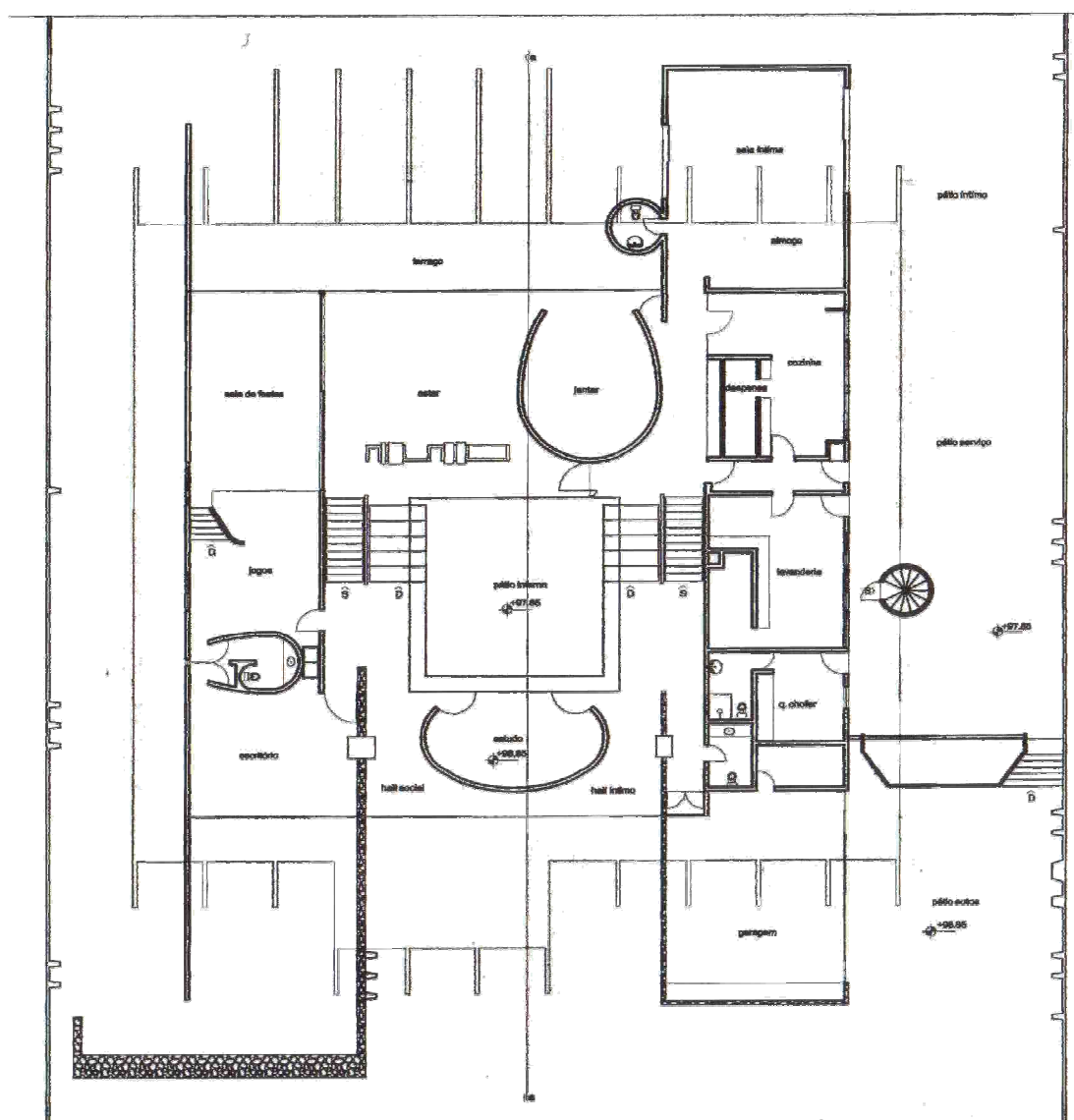


FIGURA 147 – PLANTA PAVIMENTO TÉRREO
FONTE: DUDEQUE (2001)



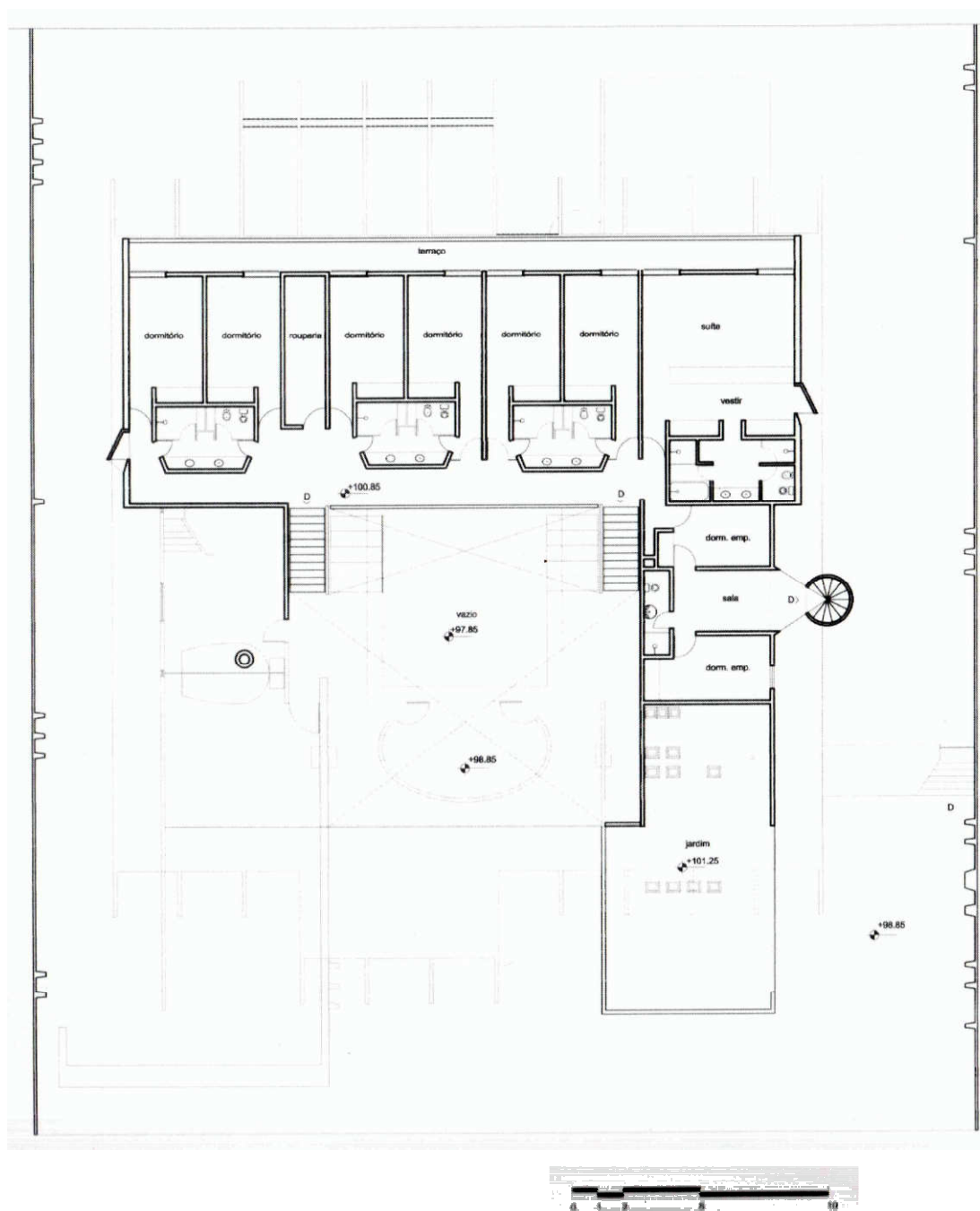


FIGURA 148 – PLANTA PAVIMENTO SUPERIOR
 FONTE: DUDEQUE (2001)



A fachada principal da residência se divide em três partes, cada uma executada com um material diferente. À esquerda foi implantado um muro de pedra, à direita localizou-se a garagem, atrás de uma parede branca e lisa. Um painel de madeira define o centro da fachada e sobre ele, vigas de concreto aparente formam a cobertura (FIGURA 149).

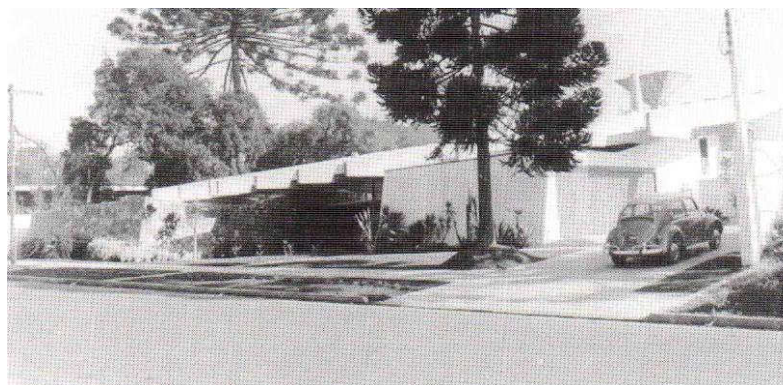


FIGURA 149 – FACHADA PRINCIPAL DA RESIDÊNCIA
FONTE: DUDEQUE (2001)

O conjunto das vigas-cobertura em concreto aparente, em grandes balanços, é o elemento principal da composição arquitetônica (FIGURA 150). A cobertura como elemento de destaque foi um partido que se repetiu na Residência Zitronenblatt, de 1965. Na época em que foram executadas, as residências provocaram estranhamento aos olhos da população, pela utilização de novas concepções estruturais, pelo choque de volumes e rebuscamento de superfícies (DUDEQUE, 2001).



FIGURA 150 – CONJUNTO DAS VIGAS-COBERTURA EM CONCRETO APARENTE
FONTE: IPPUC *et al.* (2003b)

O espaço interno das residências também provocava um certo espanto. Anteriormente, na década de 1950, o método de projeto contemplava especialmente a funcionalidade das residências. Primeiramente pensava-se na implantação dos dormitórios, voltados para a face norte. Em seguida, era definida a setorização da residência, determinada de forma rígida. A arquitetura executada pelos paulistas

propiciou uma mudança nesse sentido, pois concentrava a estrutura em poucos pontos e, com isso, o espaço interno era liberado. Passou-se a pensar nos espaços com mezaninos, desníveis e integração a partir de alturas diferentes (FIGURA 151).

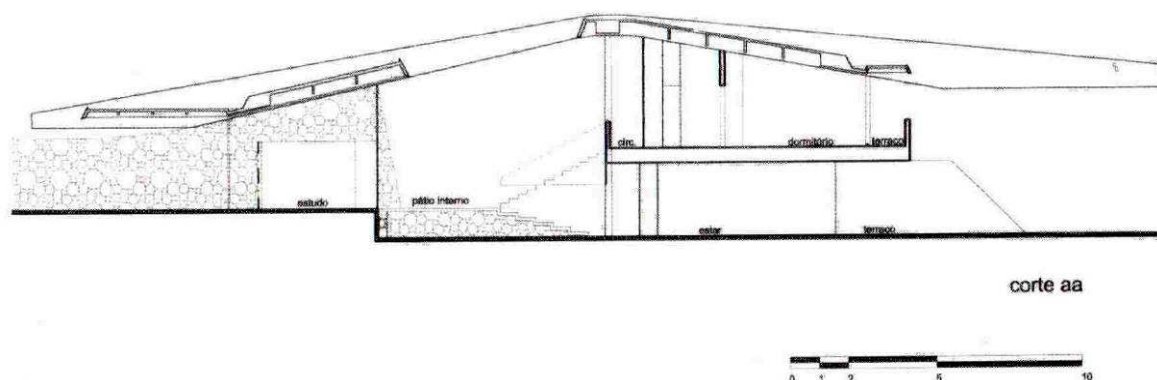


FIGURA 151 – CORTE LONGITUDINAL
FONTE: DUDEQUE (2001)

Porém, essa forma de organização espacial já havia sido utilizada anteriormente em algumas residências (DUDEQUE, 2001). Artigas utilizou pé-direito duplo e rampas na residência João Luiz Bettega. Lolô Cornelsen planejou para a residência Romário Pacheco uma sala com pé-direito duplo. Na residência Délio Marodin, Lolô organizou os espaços sob a pérgula a partir de alturas diferentes. Na residência que projetou para Joaquim Franco, Elgson Ribeiro Gomes localizou os dormitórios sob pilotis para permitir a visão da paisagem a partir da sala.

Entre os anos de 1999 e 2000, foi realizado um projeto pelo arquiteto Clodualdo Pinheiro Junior para atualizar a residência aos novos usos da época atual sem grandes interferências nas concepções originais. A área da casa foi ampliada, com uma sala de jogos e uma churrasqueira independentes do volume original da casa. Sobre a sala íntima foi executado mais um pavimento, onde hoje é a sala de ginástica. Algumas das paredes curvas foram removidas e as áreas dos dormitórios foram ampliadas.

5.5.1 Análise

As soluções arquitetônicas características do período moderno e/ ou planejadas para melhorar as condições de conforto ambiental, foram identificadas e reunidas no QUADRO 13 a seguir:

Pérgulas
Espaços integrados
Iluminação zenital
Pátio interno

QUADRO 13 – SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS
FONTE: DUDEQUE, 2001

No QUADRO 14 abaixo, foram compilados os dados arquitetônicos da obra:

1. Obra:	Residência Mário Pettrelli
2. Autores do projeto:	José Maria Gandolfi, Luiz Forte Netto, Roberto Gandolfi e Francisco Moreira
3. Data do projeto:	1964
4. Estado de conservação:	preservada, reformada entre 1999 e 2000
5. Localização:	Rua Carmelo Rangel, 444
6. Eixo de orientação	NNO-SSE
7. Orientação	NNO: estar, jantar, sala de festas, dormitórios, terraços
	SSE: escritório, hall social, hall íntimo
	OSO: sala de festas, jogos, sala íntima
	ENE: garagem, cozinha, lavanderia, sala íntima, dormitórios empregados
8. Paredes	Externas e = 20 cm; internas e = 15 cm
9. Cores	Externamente são mantidas as cores dos materiais originais: cobertura em concreto aparente, muro de pedra, madeira; o volume da garagem atualmente é pintado na cor cinza. A pintura original dos ambientes internos foi modificada
10. Forro	Gesso nos dormitórios Em laje na sala e na cozinha (combinado com gesso) Madeira nos demais ambientes
11. Cobertura	Laje inclinada de concreto
12. Aberturas	Dormitórios: 3,10 m ² - correr com veneziana
	Sala íntima: 20,40 m ² - área total, sendo: 7,68 m ² - duas folhas de correr, 2 bandeiras fixas e 3 máximo-ar
	12,72 m ² - duas folhas de correr, 2 bandeiras fixas e 3 máximo-ar
	Cozinha: 2,76 m ² - área total, sendo: 2,65 m ² - 8 bandeiras fixas e 2 máximo-ar junto ao forro 1,59 m ² - 8 bandeiras fixas e 2 máximo-ar sobre a bancada

continua

conclusão	
13. Área de ventilação	Dormitórios: 3,10 m ² (22% da área de piso)
	Sala íntima: 9,73 m ² (18% da área de piso), cruzada
	Cozinha: 0,85 m ² (4% da área de piso)
14. Proteção das aberturas	As esquadrias de madeira são protegidas pelos beirais e venezianas
	As vigas de concreto da cobertura se transformam em um pergolado nas fachadas frontal e dos fundos
	Projeção do pavimento superior
	Árvore junto à janela da cozinha
15. Outros	Obstruções externas: árvores
16. Paisagismo	Atualmente: vegetação no pátio interno
17. Dispositivos de apoio	Sistemas atuais: piso radiante nas áreas de convívio social e ar-condicionado nos dormitórios e escritório
18. Área de superfícies externas/ número de moradores	1.832,04 m ² / 11 = 166,54 m ² / morador

QUADRO 14 – DADOS ARQUITETÔNICOS DA RESIDÊNCIA MÁRIO PETRELLI
 FONTE: A autora (2008)

5.5.1.1 Implantação e orientação

A obra foi implantada sobre um eixo longitudinal sentido NNO-SSE. Para a fachada frontal, orientada a SSE, foram voltados o hall de acesso à residência e o escritório. O setor de serviços - que compreende cozinha, lavanderia, garagem, dormitórios de empregados – tem aberturas para ENE (FIGURA 152). Para a face oposta, de orientação OSO, abrem-se a sala de festas e de jogos. As áreas de convívio social – sala de festas, estar, jantar, terraço do pavimento térreo – e privativas – dormitórios, banheiros e suíte – foram voltadas para a face NNO (FIGURA 153).

A distribuição dos cômodos foi feita de modo que os dormitórios e salas estivessem voltados próximos ao Norte. A planta compacta e fluida possibilita a integração dos espaços e o melhor aproveitamento dos ganhos de calor. A cozinha porém, também considerada pela norma ambiente de longa permanência, foi orientada a ENE.



FIGURA 152 - FACHADA ENE (SETOR DE SERVIÇOS)
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 153 - FACHADA NNO (DORMITÓRIOS E SALAS)
FONTE: A autora (2008)

5.5.1.2 Vedações

Na fachada frontal, o fechamento é com um painel de madeira e bandeiras de vidro temperado (FIGURA 154 e FIGURA 155). Há também uma parede de pedra que vai do exterior à parte interna (FIGURA 156).



FIGURA 154 - PAREDE DE PEDRA
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 155 - FECHAMENTO EM MADEIRA DA FACHADA FRONTAL (SSE)
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 156 - DETALHE DA PAREDE DE PEDRA
FONTE: A autora (2008)

Para a vedação externa da fachada frontal (SSE) com o painel de madeira, o valor da transmitância térmica, de $6,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, não a caracteriza como parede leve. O atraso térmico corresponde a 1,74 horas, dentro do limite recomendado pela NBR 15220. O fator de ganho solar, de 22,07%, está bem acima do indicado.

O muro de pedra da fachada frontal atravessa o painel de madeira e se transforma, na parte interna da edificação, em uma parede que divide o ambiente do hall social e do escritório. A comparação com a norma foi feita então, considerando-se a parede de pedra como interna. O valor da transmitância térmica, de $5,33 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, não está de acordo com o sugerido. No entanto, o atraso térmico propiciado pela vedação, de 9,49 horas, atende ao admitido para parede pesada, no sentido de contribuir para manter o interior da edificação aquecido.

Na fachada oposta do pavimento térreo, o fechamento é com um pano de vidro do tipo temperado com 10 mm de espessura (FIGURA 157 e FIGURA 158). O valor da transmitância da vedação, de $100 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, está muito acima do admitido. Já o atraso térmico de 0,33 horas propiciado pela parede de vidro, embora baixo, é adequado para vedação externa do tipo leve.



FIGURA 157 - VISTA EXTERNA DO FECHAMENTO DO PAVIMENTO TÉRREO COM VIDRO TEMPERADO
FONTE: A autora (2008)

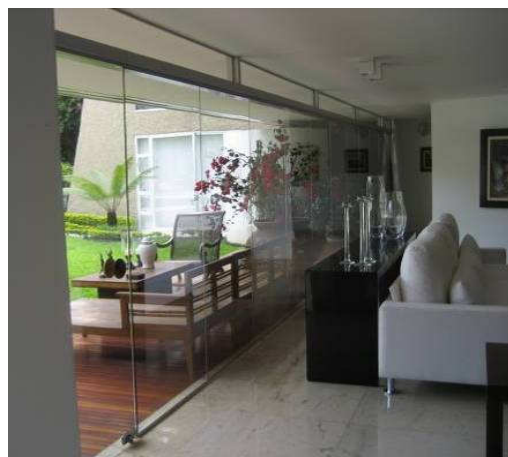


FIGURA 158 - VISTA INTERNA DO FECHAMENTO DO PAVIMENTO TÉRREO
FONTE: A autora (2008)

As demais paredes externas são de alvenaria e têm espessura de 20 cm e as internas de 15 cm. A parede externa dos dormitórios é revestida por um painel de madeira treliçada, com o mesmo acabamento que as venezianas de correr.

A cobertura é composta da laje de concreto e de forro nos espaços internos. Nas áreas de convívio social foi utilizado forro de madeira, que acompanha a inclinação da cobertura (FIGURA 159). Nos dormitórios e na cozinha o forro é de gesso, sendo que nos dormitórios o forro também mantém a inclinação da laje (FIGURA 160).

Para as áreas com forro de madeira, os valores da transmitância, igual a $1,09\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; do fator de ganho solar, igual a 3,49%; e do atraso térmico de 2,58 horas, caracterizam a cobertura como leve isolada, adequada para a zona Bioclimática 1, onde se encontra Curitiba.

No entanto, o sistema de cobertura dos dormitórios é composto por forro de gesso, que não o caracteriza como leve isolada. A cobertura destes cômodos, possui valor de transmitância de $2,22\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ e de ganho solar igual a 7,10%, ambos acima do limite admitido pela norma.



FIGURA 159 – VISTA DO FORRO DE MADEIRA
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 160 – VISTA DO FORRO DE GESSO DE UM DORMITÓRIO
FONTE: A autora (2008)

Na ocasião da reforma, sobre a laje da cobertura foi aplicada manta de impermeabilização, de cor próxima à preta, que tem um valor de absorvância de 0,97, superior ao do concreto. Nas áreas com forro de madeira, essa intervenção provoca o aumento do ganho solar para 4,22%, ainda assim dentro do limite normativo.

5.5.1.3 Aberturas

Os dormitórios têm aberturas que possibilitam a abertura total do vão para ventilação e atendem à recomendação da NBR 15220-3, correspondentes a 22% da área de piso. As venezianas possibilitam o fechamento do vão e a manutenção da ventilação permanente quando necessário (FIGURA 161 e FIGURA 162).

No entanto, com a reforma o dimensionamento original dos dormitórios foi alterado e as aberturas foram mantidas. Com isso, alterou-se também a relação da

área de abertura para ventilação pela área de piso, sendo reduzida para 13,6%, sendo atualmente insuficiente para atender à indicação da norma.

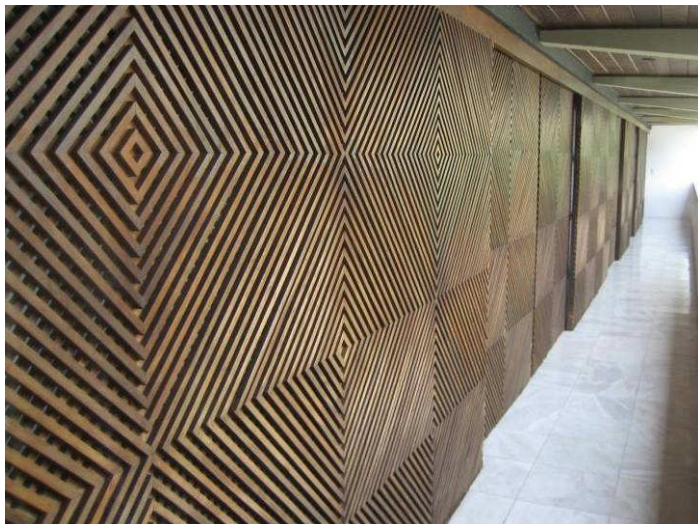


FIGURA 161 - VISTA EXTERNA DAS VENEZIANAS DOS DORMITÓRIOS
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 162 - VISTA INTERNA DA JANELA DE UM DORMITÓRIO
FONTE: A autora (2008)

Dentro do sugerido pela norma está também a sala íntima, que possui aberturas de ventilação equivalentes a 18% da área de piso. Neste caso as aberturas foram dispostas frente a frente e possibilitam a ventilação cruzada quando necessário (FIGURA 163 e FIGURA 164). Ainda, as aberturas de entrada e saída são de tamanhos próximos e, portanto, resultam em uma ventilação mais distribuída (NEVES, 2006).



FIGURA 163 - VISTA EXTERNA DA JANELA DA SALA ÍNTIMA ORIENTADA A OSO
FONTE: Arquivo do proprietário (19-)



FIGURA 164 - VISTA EXTERNA DA JANELA DA SALA ÍNTIMA ORIENTADA A ENE
FONTE: A autora (2008)

Porém, com a reforma realizada em meados de 2000, foi executado um novo espaço para o salão de jogos, independente do corpo da casa e ao lado da sala íntima (FIGURA 165). Além deste obstáculo, criou-se uma circulação externa, estreita o bastante para que a ventilação cruzada seja prejudicada.



FIGURA 165 - VISTA EXTERNA DO SALÃO DE JOGOS
FONTE: A autora (2008)

A cozinha possui área de ventilação equivalente a 4% da área de piso, bem abaixo do mínimo que caracteriza as aberturas médias. Neste espaço não há dispositivo artificial de condicionamento. No entanto, o problema poderia ser solucionado de modo relativamente simples, transformando parte das aberturas fixas em máximo-ar, possibilitando assim o atendimento do mínimo de ventilação necessária neste espaço.

5.5.1.4 Incidência solar e sombreamento

A cobertura em concreto possui beirais largos na fachada frontal e dos fundos (FIGURA 166 e FIGURA 167). No segundo caso o beiral propicia o sombreamento dos dormitórios, sendo em alguns períodos otimizado pela pérgula que se forma a partir das vigas que partem da cobertura.



FIGURA 166 – DETALHE DO BEIRAL E DA PÉRGULA NA FACHADA FRONTAL (SSE)
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 167 – DETALHE DO BEIRAL E DA PÉRGULA NA FACHADA DOS FUNDOS (NNO)
FONTE: A autora (2008)

No intuito de verificar a adequação desta proteção e das aberturas utilizadas ao clima de Curitiba, foi simulada a incidência de sol nos seguintes ambientes: dormitórios, sala íntima e na cozinha.

Na simulação da abertura do dormitório (dormitório 4) foi desconsiderada a pérgula e considerado o beiral e o peitoril do terraço. Observa-se que, no solstício de inverno, há incidência de sol durante todo o período da manhã e tarde. Porém, a penetração dos raios não alcança o fundo do dormitório (GRÁFICO 39). No verão, a luz solar direta é praticamente inexistente (GRÁFICO 40).

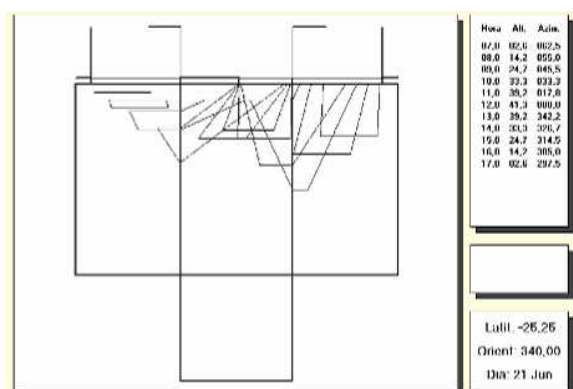


GRÁFICO 39 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

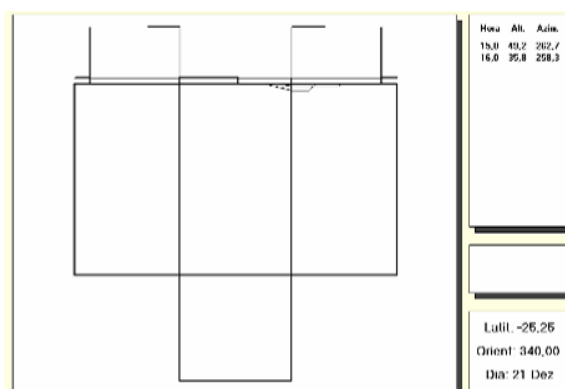


GRÁFICO 40 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Para verificar qual a influência do beiral na proteção solar, a mesma simulação foi feita retirando o elemento. Verifica-se que, no período de inverno, sem o beiral, a

incidência de sol é mais profunda, possibilitando um aporte maior de calor (GRÁFICO 41). No entanto, sem o beiral há duas horas a mais de sol no verão (GRÁFICO 42). Uma possível solução seria o redimensionamento do beiral, de forma que no verão, tivesse largura suficiente para proteger a porta-janela e contemplasse também a necessidade de sol no inverno. Ainda, além do beiral, esta face é protegida pelas vigas do pergolado.

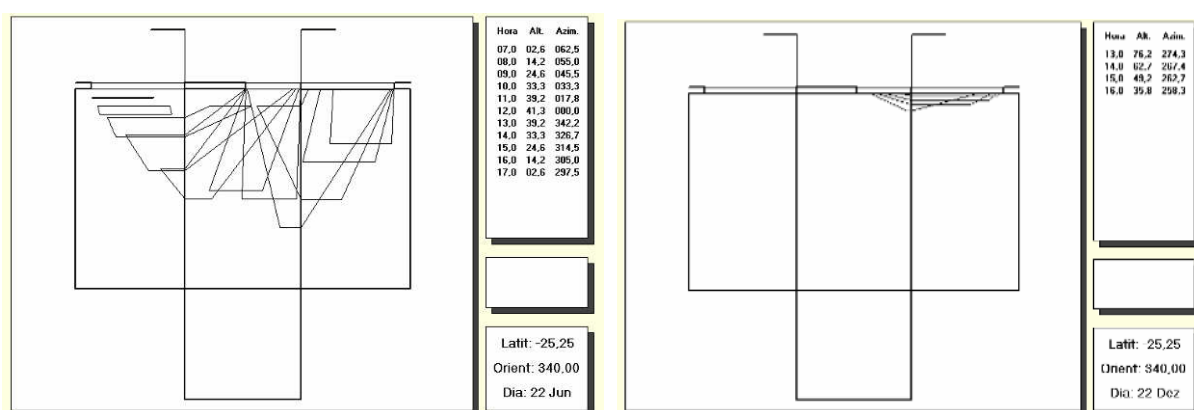


GRÁFICO 41 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO SEM BEIRAL, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

GRÁFICO 42 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO SEM BEIRAL, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Na cozinha, os arquitetos planejaram as janelas em fita em duas alturas – uma logo acima da bancada, outra encostada na laje (FIGURA 168 e FIGURA 169). Tal solução foi utilizada anteriormente por Rino Levi e por Oswaldo Bratke, na década de 1940. As aberturas logo acima da bancada têm como função iluminar o plano de trabalho e as janelas junto ao teto, iluminar de forma difusa o ambiente.

Por limitação do *software*, a simulação considerou a cozinha como um ambiente retangular. Pelo mesmo motivo, foram feitas simulações distintas para cada uma das aberturas. Considerou-se o anteparo da escada à direita e a projeção do pavimento superior.



FIGURA 168 – VISTA DAS JANELAS DA COZINHA A PARTIR DO INTERIOR
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 169 – VISTA DA FACHADA ENE
FONTE: A autora (2008)

A orientação (ENE) e o fato de as aberturas serem estreitas propiciam ao ambiente boa iluminação e pouca incidência de sol (GRÁFICO 43, GRÁFICO 44, GRÁFICO 45 e GRÁFICO 46). Observa-se também a existência de uma árvore que proporciona sombra à janela. No entanto, também ocorre o bloqueio de grande parcela do céu, restringindo com isto a entrada de luz natural.

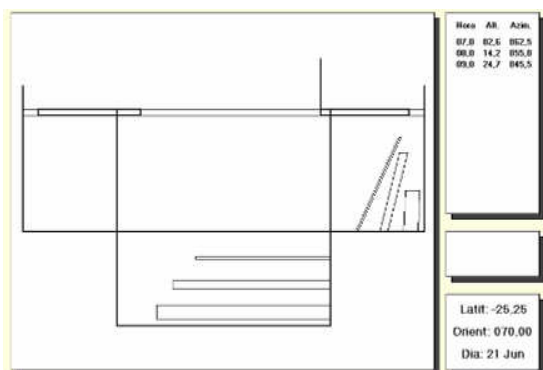


GRÁFICO 43 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA SUPERIOR DA COZINHA (ENCOSTADA NA LAJE), NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

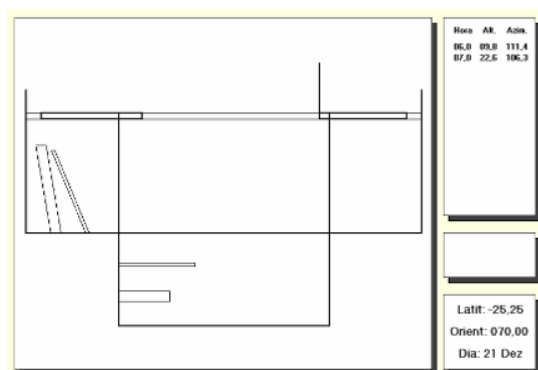


GRÁFICO 44 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA SUPERIOR DA COZINHA (ENCOSTADA NA LAJE), NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

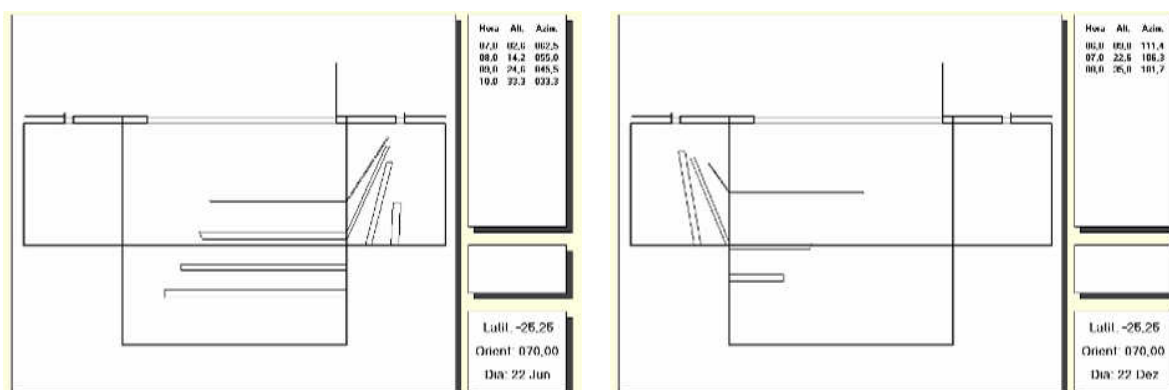


GRÁFICO 45 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA SOBRE A BANCADA DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE INVERNO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

GRÁFICO 46 – INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA PARA A JANELA SOBRE A BANCADA DA COZINHA, NO SOLSTÍCIO DE VERÃO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

A abertura zenital sobre o pátio interno também é um dispositivo que possibilita o aquecimento solar passivo por meio do ganho direto de calor do sol para o interior da edificação. Os espaços são integrados, então o benefício da radiação solar atinge não só o pátio interno como todos os cômodos adjacentes (FIGURA 170).

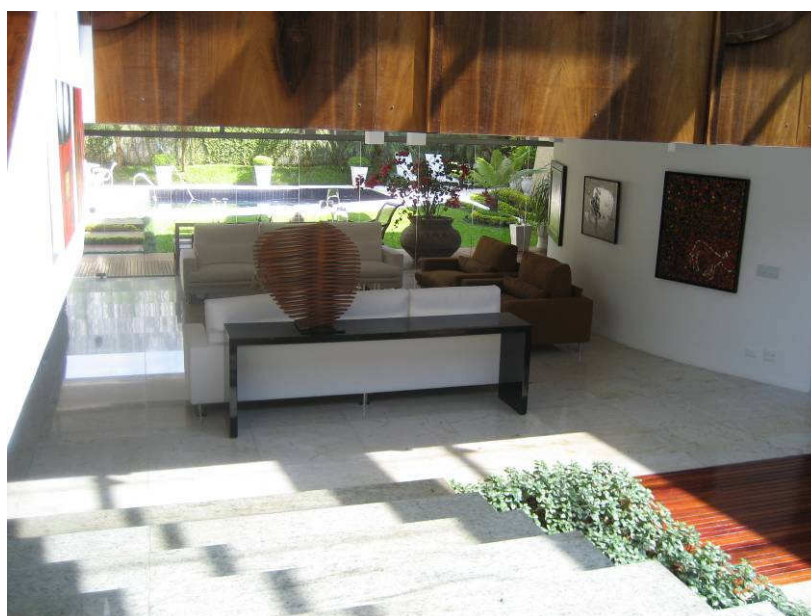


FIGURA 170 – INCIDÊNCIA DO SOL ATRAVÉS DA ABERTURA ZENITAL
FONTE: A autora (2008)

No entanto, a usuária relata que, nos meses de verão, há um desconforto causado pelo calor nos ambientes da sala de estar e jantar. Nestes espaços, há

aberturas de dimensões reduzidas para a ventilação natural. Segundo a usuária, o problema do calor é amenizado quando são abertas as portas de vidro da sala de estar e as janelas da cozinha, possibilitando deste modo a ventilação cruzada.

A influência da arquitetura paulista pode ser vista nesta obra na utilização das pérgulas, de forma semelhante aos projetos de Rino Levi. Em 1952, na residência que projetou para Milton Guper em São Paulo, Levi utilizou-se de uma pérgula de concreto armado para expandir o espaço da sala e incluir o jardim em seu interior. Na residência analisada, a pérgula propicia a continuidade interior-exterior, luz e sombra, além de grande contribuição plástica.

5.5.1.5 Iluminação natural

Para o caso da cozinha, a simulação da luz difusa demonstra que as aberturas junto ao teto distribuem a luz de forma mais uniforme enquanto que as janelas logo acima da bancada concentram a luz sobre o plano de trabalho, conforme planejado (GRÁFICO 47 e GRÁFICO 48). Segundo informação da usuária, em dias claros, não há necessidade de utilização da iluminação artificial, a iluminação natural propiciada pelas aberturas é suficiente para o trabalho na cozinha.

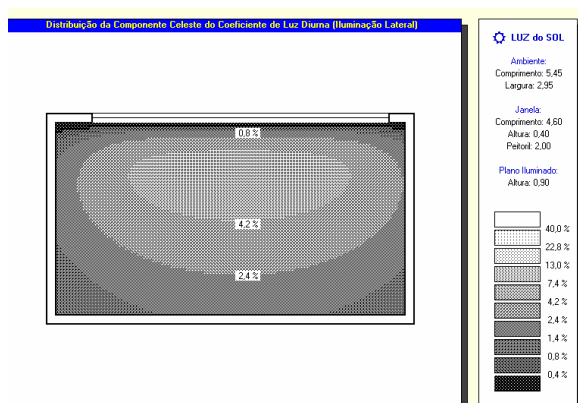


GRÁFICO 47 – LUZ DIFUSA PARA A JANELA SUPERIOR DA COZINHA (ENCOSTADA NA LAJE)
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

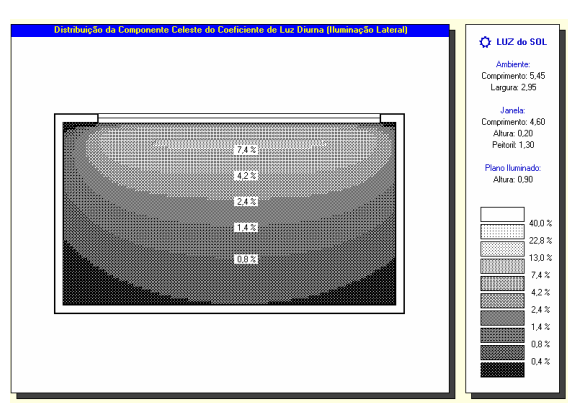


GRÁFICO 48 – LUZ DIFUSA PARA A JANELA SOBRE A BANCADA DA COZINHA
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

Para o dormitório, a simulação da luz difusa demonstra que há concentração de luz incidente nas proximidades da janela e que não há uniformidade na sua distribuição (GRÁFICO 49). Tal situação também foi observada nos casos anteriores e, conforme já mencionado, pode ser uma característica desejável da iluminação para este ambiente cuja função principal é o descanso.

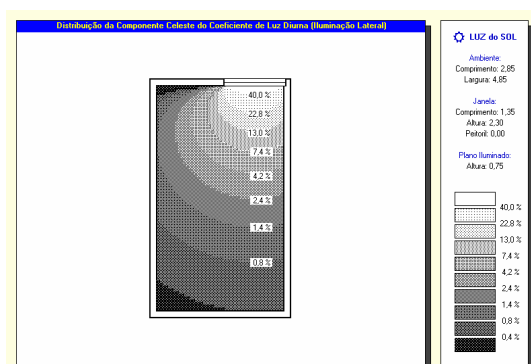


GRÁFICO 49 – LUZ DIFUSA PARA A JANELA DO DORMITÓRIO
FONTE: Luz do Sol, versão 1.1 (RORIZ, 1995)

A iluminação zenital é elemento arquitetônico relevante nesta edificação, localiza-se sobre o pátio interno em torno do qual os espaços se organizam. Os vidros são fixos e refletivos. Durante o dia, devido à planta aberta, a abertura zenital propicia luz natural para o ambiente do pátio interno e cômodos adjacentes, dispensando o uso da iluminação artificial (FIGURA 171 e FIGURA 172).



FIGURA 171 – VISTA DO PÁTIO INTERNO ILUMINADO POR ABERTURA ZENITAL
FONTE: A autora (2008)

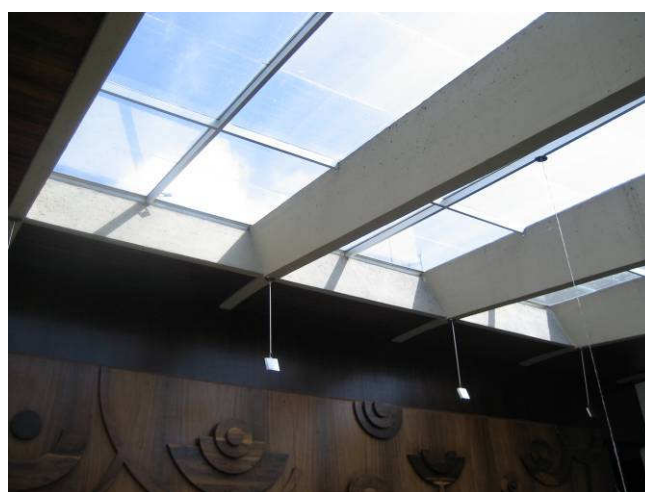


FIGURA 172 – DETALHE DA ABERTURA ZENITAL
FONTE: A autora (2008)

A solução da iluminação zenital também foi utilizada nos banheiros (FIGURA 173 e FIGURA 174). No entanto, a luz captada pelo sistema não é suficiente para o uso do ambiente, sendo necessária a utilização da iluminação artificial. A ventilação dos banheiros é feita por meio de uma grelha (FIGURA 175).



FIGURA 173 – VISTA INTERNA DA ILUMINAÇÃO ZENITAL
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 174 – VISTA EXTERNA DOS ELEMENTOS DE CAPTAÇÃO DA LUZ
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 175 – GRELHA DE VENTILAÇÃO DOS BANHEIROS
FONTE: A autora (2008)

5.5.1.6 Dispositivos de apoio

Atualmente, são utilizados dois sistemas de condicionamento artificial, piso radiante nas áreas de convívio social e ar-condicionado nos dormitórios e escritório (FIGURA 176 e FIGURA 177). De acordo com a usuária, o ar-condicionado é usado nos dormitórios no período da noite.



FIGURA 176 – PISO DE PEDRA RADIANTE
NAS ÁREAS SOCIAIS
FONTE: A autora (2008)



FIGURA 177 – AR-CONDICIONADO EM UM
DORMITÓRIO
FONTE: A autora (2008)

5.5.2 Considerações finais

A implantação e orientação dos cômodos privilegiaram que os dormitórios e áreas de convívio social tivessem aberturas próximas ao norte. No entanto, o beiral e as pérgulas nos fundos da residência, apesar de permitirem a incidência de luz solar direta no período de inverno, possuem dimensões que, se reduzidas, possibilitariam atender de modo mais eficaz a estratégia de condicionamento térmico passivo dos dormitórios. A projeção do pavimento superior em balanço sobre as salas, também propicia o sombreamento das aberturas destes ambientes, não estando de acordo com o que recomenda a norma.

Os diferentes recursos utilizados nas paredes externas, não são adequados à NBR 15220. A cobertura se caracteriza como leve isolada nas áreas com forro de madeira, segundo os critérios da norma adequada ao clima local. No entanto, os dormitórios possuem forro de gesso, que não atende às solicitações normativas.

Algumas das intervenções realizadas na edificação por ocasião da reforma, fizeram com que soluções antes adequadas aos padrões da NBR 15220, sejam atualmente inadequadas. Os dormitórios foram redimensionados em sua área de piso; no entanto as aberturas foram mantidas originais. Com isso, a área de abertura para ventilação, antes adequada aos critérios normativos, atualmente é insuficiente.

A ampliação do espaço do salão de jogos também influencia na eficiência da ventilação cruzada da sala íntima.

A abertura para iluminação zenital associada ao pátio interno e aos espaços integrados, é um recurso que propicia o aproveitamento da iluminação natural no período diurno, dispensando o uso da iluminação elétrica. No entanto, conforme mencionado anteriormente, há incidência de luz solar direta que provoca, em determinados períodos, o aquecimento indesejável dos espaços internos. Seria possível que a abertura zenital fosse adequada durante todo o ano. A solução das aberturas em duas alturas na cozinha, é um recurso adequado à função desempenhada no espaço e que dispensa o uso da luz artificial em dias claros.

A instalação de dispositivos de aquecimento artificial como o piso radiante nas áreas de convívio social e de ar-condicionado nos dormitórios, permite a manutenção das condições de conforto térmico nos dias de frio. A estratégia é adequada se utilizada conjuntamente com o aquecimento solar passivo, que depende também do envolvimento do usuário na utilização dos recursos existentes – na abertura das venezianas dos dormitórios, por exemplo, para acesso da radiação solar.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

As atuais considerações acerca da concepção arquitetônica adequada ao clima estiveram presentes na produção da primeira fase da arquitetura moderna brasileira. A variedade das soluções encontradas para adaptar a arquitetura ao clima é evidência da importância atribuída ao lugar na prática arquitetônica deste período. Verifica-se também o cuidado dos arquitetos com a eficiência das soluções propostas, pelo uso de estudos de insolação e detalhamento de dispositivos de proteção solar e de mecanismos de ventilação.

Muitos dos elementos característicos da arquitetura moderna brasileira identificados na obra de arquitetos atuantes em outras regiões, como os dispositivos de proteção solar, por exemplo, foram pouco utilizados em Curitiba nas obras residenciais estudadas. Enquanto que a arquitetura desenvolvida em outras regiões, principalmente no Rio de Janeiro e em São Paulo, era concebida com o objetivo de proteger a edificação da incidência do sol, em Curitiba as soluções utilizadas pelos arquitetos eram para propiciar insolação máxima nos períodos frios. Com isso há pouca ocorrência de elementos vazados (ou cobogós) e *brises*, e não há utilização de varandas de climatização (*loggias*).

A solução do *brise* era, portanto, considerada imprópria ao clima frio da região, embora poderia ser adequada se aplicada corretamente. Para proteger as faces leste e oeste, por exemplo, da insolação que incide quase perpendicularmente nos períodos de verão, podendo refletir a radiação e permitir o acesso da luz natural.

O dispositivo de proteção solar comum a todas as residências estudadas é a veneziana, que também foi muito utilizada em outras regiões do Brasil. Os elementos vazados foram utilizados na fachada da residência Franco, com função plástica. Em outras regiões, o elemento vazado era um recurso que possibilitava a ventilação permanente, além de proteção do sol.

A estratégia mais recorrente utilizada no projeto das residências estudadas refere-se à definição da implantação de acordo com a trajetória solar e à orientação dos cômodos de maior permanência para a face norte, ou próximo a ela. Procurava-

se voltar as aberturas para esta face de modo a permitir a incidência solar no período frio em cômodos de maior permanência, principalmente dormitórios e áreas de convívio social.

As cinco obras escolhidas para esta pesquisa atendem ao pressuposto estabelecido de que as residências do período modernista em Curitiba incorporavam soluções arquitetônicas para o tratamento do conforto térmico de forma passiva. As medidas identificadas nas obras estudadas bem como as soluções características do período modernista foram reunidas no QUADRO 16:

		Soluções arquitetônicas identificadas	Residência
Elementos formais		Planta em forma de leque com fachada curva que acompanha a trajetória solar	Cleuza Cornelsen
		Forma compacta para reduzir as perdas de calor	João Luiz Bettega
		Decomposição da planta para aumentar a área de exposição à radiação solar	Joaquim Franco
		Pátio interno para permitir incidência solar e iluminação natural	Joaquim Franco, Mário Petrelli
		Espaços integrados	João Luiz Bettega, Mário Petrelli
Implantação		Implantação da edificação de forma a beneficiar a incidência de sol nos períodos de inverno e proteger no verão, privilegiando cômodos de maior permanência como os dormitórios e espaços de convívio social	Cleuza Cornelsen, João Luiz Bettega, Joaquim Franco, Mário Petrelli
Distribuição dos cômodos		Orientação das aberturas dos cômodos de maior permanência – nas obras analisadas, dos dormitórios e salas – de acordo com a trajetória solar	Cleuza Cornelsen, João Luiz Bettega, Joaquim Franco, Mário Petrelli
Vedações	Paredes	Parede dupla	Frederico Kirchgässner
		Vidro duplo	Cleuza Cornelsen
		Esquadria com fechamento hermético	Frederico Kirchgässner
		Pano de vidro	João Luiz Bettega, Joaquim Franco, Mário Petrelli
		Elemento vazado	Joaquim Franco
	Cobertura	Ático ventilado	Cleuza Cornelsen
		Beiral ventilado	Cleuza Cornelsen
		Terraço-jardim	Frederico Kirchgässner
Materiais de revestimento no interior		Carpete	Cleuza Cornelsen
		Piso de madeira	João Luiz Bettega
		Forro de madeira	Mário Petrelli
Sistemas artificiais de condicionamento térmico		Calefação elétrica para aquecimento artificial	Cleuza Cornelsen
		Ar-condicionado	Cleuza Cornelsen, Mário Petrelli
Elementos de proteção solar		Dispositivo em alvenaria	Frederico Kirchgässner
		Beiral de madeira	Cleuza Cornelsen, Mário Petrelli

continua

conclusão		
Elementos de proteção solar	Veneziana	Frederico Kirchgässner, Cleuza Cornelsen, João Luiz Bettega, Joaquim Franco, Mário Petrelli
	Cortina	Frederico Kirchgässner, João Luiz Bettega, Mário Petrelli
	Pérgula	Frederico Kirchgässner, João Luiz Bettega, Mário Petrelli
	<i>Brise</i>	Frederico Kirchgässner
	Pilotis	Cleuza Cornelsen, João Luiz Bettega, Joaquim Franco
Iluminação natural	Pano de vidro	João Luiz Bettega, Joaquim Franco, Mário Petrelli
	Abertura zenital	Frederico Kirchgässner, Mário Petrelli
	Pé-direito alto	João Luiz Bettega, Joaquim Franco, Mário Petrelli
	Cores	Frederico Kirchgässner, João Luiz Bettega
	Peitoril baixo	Joaquim Franco
	Janela com duas alturas	Joaquim Franco, Mário Petrelli
Ventilação natural	Cruzada	João Luiz Bettega, Joaquim Franco, Mário Petrelli
	Janelas com abertura total do vão	Frederico Kirchgässner, Joaquim Franco, Mário Petrelli
	Abertura junto ao forro para saída do ar aquecido	Joaquim Franco
Uso de vegetação	Para sombreamento	Mário Petrelli
	Para proteção térmica	Cleuza Cornelsen

QUADRO 16 – SOLUÇÕES ARQUITETÔNICAS IDENTIFICADAS NAS RESIDÊNCIAS ESTUDADAS
 FONTE: A autora (2008)

Na análise das residências verifica-se a ocorrência de soluções adequadas ao clima. Entretanto, a análise de cada elemento construtivo em separado gerou resultados em que, na mesma obra, há adequações e inadequações. Desta forma, ressalta-se a necessidade de tratar a edificação como um todo e de não se impor regras rígidas para a utilização das estratégias pesquisadas. Como os elementos são parte de um todo - a arquitetura - desempenham uma função que pode ou não seguir regras pré-estabelecidas.

A NBR 15220-3 abrange recomendações para as aberturas para ventilação de cômodos, sombreamento das aberturas, estratégias de condicionamento passivo e

valores máximos de transmitância térmica, atraso térmico e fator de ganho solar para paredes e cobertura. Representa um importante recurso para a adequação climática de habitações e para a normalização do desempenho térmico de edificações. No entanto, conforme observado por Grigoletti *et al.* (2007) em pesquisa recente e na análise dos casos deste estudo, é possível que a análise de componentes da edificação isoladamente não seja a expressão do seu comportamento térmico real.

Em relação ao pressuposto de que existia a preocupação em adequar a arquitetura ao seu meio ambiente, observa-se que nem todas as estratégias utilizadas pelos arquitetos para propiciar melhorias no conforto ambiental são adequadas ao clima e ao meio físico onde foram inseridas. Possivelmente, as soluções eram aplicadas baseadas no conhecimento empírico e não científico.

No Brasil, no período estudado, existiam pesquisas científicas abordando o tema do conforto ambiental disponíveis para os profissionais atuantes. Porém, não há indícios de que os autores dos projetos estudados utilizassem ferramentas específicas para a avaliação bioclimática. Embora o arquiteto Ayrton Cornelsen tenha considerado a trajetória solar no projeto de sua residência, constata-se que a solução gerada não está de acordo com o seu discurso e sua intenção.

Nas obras dos arquitetos Ayrton Cornelsen e Elgson Ribeiro Gomes, há a preocupação em incorporar soluções para propiciar condições de conforto de forma passiva. Os arquitetos conhecem os fenômenos relacionados à ventilação, iluminação e insolação conceitualmente. No entanto, verificou-se na análise das obras, que nem todas as estratégias utilizadas por eles são adequadas ou funcionam de modo eficaz. Os pilotis, por exemplo, foram utilizados com função alheia ao clima e são elementos que expõem as superfícies de vedação externas às perdas de calor. Do mesmo modo, a forma em “U” da residência Joaquim Franco é inadequada pois além de expor as superfícies externas à maiores perdas de calor, o próprio volume gera o sombreamento indesejado de outras partes da edificação.

Há também a crença de alguns profissionais de que a arquitetura moderna tinha como valor fundamental a busca do original, do inédito, da novidade, que fez com que conceitos fossem aplicados de forma descomprometida dos ideais do Movimento Moderno, como um repertório de formas que oferecia a possibilidade de romper com a produção arquitetônica anterior.

Observa-se que não existia uma constância no tratamento do conforto ambiental - apenas na questão da insolação, geralmente dos dormitórios e áreas de

convívio social. No caso da residência Kirchgässner, aspectos como o aproveitamento do desnível do terreno e da vista para a serra, foram privilegiados em detrimento da consideração de aspectos relacionados ao conforto ambiental. Considerando-se todos os casos, não há presença regular de elementos construtivos característicos para tratar de forma natural o condicionamento ambiental. Para a aplicação de conceitos bioclimáticos ao processo de concepção arquitetônica é necessário que esta aconteça desde as fases iniciais deste processo, utilizando-se ferramentas específicas de avaliação bioclimática.

Neste contexto, para que a aplicação destes conceitos se torne efetiva é necessário que a utilização destes critérios se inicie na formação dos arquitetos, com a integração da disciplina de conforto ambiental à disciplina de projeto arquitetônico. As práticas de ensino podem orientar a um processo de projeto mais consciente no que se refere ao conforto ambiental. Isso pode ser feito com a aplicação dos conceitos da arquitetura bioclimática – que envolve aquisição de conhecimento técnico e científico – e o uso de ferramentas de avaliação de desempenho, como simulações, integrados ao ensino de projeto. Dessa forma, é possível que o conforto ambiental se torne parte integrante de qualquer concepção de projeto de arquitetura.

No decorrer da pesquisa identificou-se o problema do envolvimento do usuário com os mecanismos planejados pelos arquitetos. As soluções com características bioclimáticas adotadas podem não funcionar corretamente caso o usuário não se envolva com a edificação. Um exemplo claro é o das residências estudadas em que os dormitórios foram orientados próximos ao norte e suas aberturas dotadas de venezianas. Se o usuário não abrir as venezianas para captar a insolação nos meses de inverno, o aquecimento solar passivo não ocorre. Portanto, é necessário informar o usuário sobre a correta utilização dos recursos existentes na edificação para que funcionem de modo satisfatório.

As soluções identificadas no trabalho como adequadas ao clima podem ser resgatadas para o uso nas edificações atuais, de modo a promover o conforto ambiental sem o uso de aparatos mecânicos. Isso pode ser feito considerando os recursos tecnológicos disponíveis atualmente, além do contexto onde será inserida a edificação. A utilização dessas soluções está hoje relacionada a conceitos como conservação de energia e bem-estar dos usuários.

Finalmente, destaca-se a qualidade da arquitetura produzida na primeira fase do Movimento Moderno brasileiro e, do mesmo modo, das obras analisadas neste

estudo. Pesquisadores apontam que após este período, houve uma perda de qualidade e direção na produção arquitetônica brasileira. O estudo de obras deste período pode ser uma forma de retomar um caminho para o desenvolvimento de uma arquitetura genuinamente brasileira e adequada ao meio físico.

6.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O recorte temporal definido neste estudo analisou a arquitetura do primeiro período do movimento moderno em Curitiba. A análise da produção arquitetônica do período seguinte, após 1965, complementaria o estudo com o levantamento e análise de outras contribuições. Além disso, os resultados poderiam ser comparados e um panorama da realidade atual poderia ser formado. Assim sendo, sugere-se a ampliação do estudo para outros períodos da arquitetura.

Durante a revisão bibliográfica e pesquisa de campo, verificou-se a existência de soluções arquitetônicas para o conforto ambiental em edifícios de outras tipologias. Com isso, há subsídios para a continuação do estudo utilizando o mesmo enfoque deste trabalho, porém com a ampliação da unidade de análise para edifícios institucionais e de outras tipologias como multifamiliar, comercial, entre outras.

Nas residências analisadas as reformas foram realizadas de modo que não descaracterizassem o projeto original. No entanto, foram realizadas modificações nas obras que afetaram o seu desempenho ambiental, como por exemplo: o redimensionamento de cômodos, modificações necessárias para manutenção do imóvel e por mudanças na sua utilização e/ ou função. Nestes casos seria necessário estabelecer uma forma de preservar as soluções arquitetônicas planejadas para o conforto ambiental.

Outra abordagem possível está relacionada com o usuário da edificação planejada considerando conceitos da arquitetura bioclimática. Para suprir a necessidade de orientar o usuário para o uso correto das soluções planejadas, poderia ser desenvolvido um roteiro ou um manual de instruções que demonstrasse como manipular os elementos capazes de controlar de forma passiva as variáveis ambientais.

Na análise dos resultados, foi estabelecida uma relação entre a área total de superfícies externas das residências e o número de moradores no programa da obra. A relação proposta - área total de superfícies externas/ morador - procura expressar o comportamento térmico da edificação em função das áreas de perdas de calor. Considerando-se a mesma faixa de temperatura, a perda de calor através das superfícies externas é proporcional à área destas superfícies. A diferença entre a temperatura interna e a externa é, na média, proporcional à produção interna de calor, que é de certo modo proporcional ao número de pessoas. Neste sentido, a relação morador/ área pode ser um indicador de conforto térmico em situação de inverno. Os resultados obtidos para cada residência são apresentados no QUADRO 17:

	Área de superfícies externas/ número de moradores
Residência João Luiz Bettega	86,72 m ² / morador
Residência Frederico Kirchgässner	108,95 m ² / morador
Residência Cleuza Lupion Cornelsen	118,35 m ² / morador
Residência Joaquim Franco	125,24 m ² / morador
Residência Mário Petrelli	166,54 m ² / morador

QUADRO 17 – RELAÇÃO ENTRE A ÁREA TOTAL DE SUPERFÍCIES EXTERNAS/ MORADOR
FONTE: A autora (2008)

A forma compacta da Residência Bettega é a que melhor desempenho apresenta em relação ao fator proposto. Já a Residência Petrelli apresenta quase que o dobro de área/ morador. Neste sentido, a relação proposta pode ser um indicador de conforto térmico em situação de inverno. Esta questão poderia ser aprofundada em trabalhos futuros, como um dado complementar para avaliação de conforto térmico de edificações.

Por fim, a simulação térmica e energética das edificações estudadas complementaria o estudo com a análise quantitativa das obras.

REFERÊNCIAS

ALMODÓVAR, José Manuel Melendo. Da janela horizontal ao brise-soleil de Le Corbusier: análise ambiental da solução proposta para o Ministério da Educação de Rio de Janeiro. **Arquitextos**. São Paulo, Portal Vitruvius, ago 2004. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq051/arq051_02.asp> Acesso em: 05 mar. 2007.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55-2004**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2004.

ANELLI, Renato; GUERRA, Abílio; KON, Nelson. **Rino Levi**: arquitetura e cidade. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2001.

ARTIGAS, João Vilanova. A semana de 22 e a arquitetura. In: XAVIER, A. **Arquitetura moderna brasileira**: depoimento de uma geração. São Paulo: Pini, 1987. p.271-273. Publicado originalmente em Módulo, Rio de Janeiro, 45, p. 21-22, mar./abr. 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ATEM, Camila Gregório. **Apropriação e eficiência dos dispositivos de proteção solar utilizados na arquitetura moderna**: o caso de Londrina (PR). São Carlos, 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ATEM, Camila Gregório; BASSO, Admir. **Apropriação e eficiência dos brise-soleil**: o caso de Londrina (PR). Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 29-45, out./dez. 2005.

BANHAM, Reyner. **The Architecture of the Well-tempered Environment**. Second Edition. Chicago: The University of Chicago Press, 1984.

BARBOSA, Marcelo. **Do público ao privado**: a habitação coletiva na obra de Franz Heep. Projeto Design, Edição 272, set. 2002.

BOESIGER, W.; GIRSBERGER, H. **Le Corbusier 1910-60**. Zurich: Editions Girsberger, 1960.

BONDUKI, Nabil Georges (Org./ Ed.). **Affonso Eduardo Reidy**. São Paulo: Instituto Lina Bo e P. M. Bardi; Lisboa: Editorial Blau, 1999.

BRUAND, Yves. **Arquitetura contemporânea no Brasil**. São Paulo: Perspectiva. 1981.

BUZZAR, Miguel Antônio. **João Batista Vilanova Artigas**: Elementos para a compreensão de um caminho da arquitetura brasileira – 1938-1967. São Paulo, 1996. Dissertação (Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

CASA VILANOVA ARTIGAS: Curitiba. Curitiba: Imprensa Oficial. [200-].

CASTELNOU NETO, Antonio Manoel Nunes. **A influência da produção modernista na transformação do panorama arquitetônico da cidade de Londrina nos anos 50**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 1999.

CASTELNOU, Antonio. **Arquitetura londrinense**: expressões de intenção pioneira. Londrina: A. Castelnou, 2002.

CAVALCANTI, Lauro. **Quando o Brasil era moderno**: guia de Arquitetura 1928-1960/ Organização de Lauro Cavalcanti. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CORNELSEN, Ayrton Lolô. **Casa Cleuza Lupion Cornelsen**. Curitiba, jul. 1948. Plantas em 2 pranchas. Croquis.

COSTA, Ênio Cruz da. **Arquitetura ecológica**: condicionamento térmico natural. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

COSTA, Lauri da. **Leitura In (fluente)**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura – Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ Convênio Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2002.

COSTA, Lúcio. Razões da nova arquitetura. In: XAVIER, A. **Arquitetura moderna brasileira**: depoimento de uma geração. São Paulo: Pini, 1987. p. 26-43. Publicado originalmente em Revista da Diretoria de Engenharia da PDF. Rio de Janeiro: p. 3-9, jan. 1936.

DUDEQUE, Irã José Taborda. **Espiraís de Madeira**: uma história da arquitetura de Curitiba. São Paulo: Studio Nobel, FAPESP, 2001.

FANGER, Peter Ole. **Thermal Comfort**: Analysis and Applications in Environmental Engineering. Florida: Robert E. Krieger Publishig company, 1982.

FROTA, Anésia Barros. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 1988.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 1999. 3ed.

FUNDAÇÃO AYRTON LOLO CORNELSEN. **Arquitetura**: Residência Cleuza Lupion Cornelsen. Disponível em <<http://www.lolocornelsen.com.br/arquitetura%20-%20casa%20do%20lolo.htm>> Acesso em 20 set. 2007.

GIVONI, Baruch. **Man, Climate and Architecture**. Elsevier Publishing Company Limited, 1969.

GNOATO, Luís Salvador Petrucci. **Introdução ao ideário modernista na arquitetura de Curitiba (1930-1965)**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo, 1997.

GNOATO, Luís Salvador Petrucci. Arquitetura de Luiz Forte Netto: transformações da poética paulista. **Arquitextos**. São Paulo, Portal Vitruvius, abr. 2004. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq047/arq047_02.asp> Acesso em: 05 mar. 2007

GOMES, Elgson Ribeiro. **Projeto de residência para o engenheiro Joaquim M. M. Franco**. Curitiba, 1952. Projeto arquitetônico em 4 pranchas.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81 out./dez. 2006.

GONÇALVES, Joana Carla; SANCHES, Patrícia; CAVALCANTE, Rodrigo. FAUUSP, São Paulo, Brazil: an icon of Brazilian modern architecture with lessons and questions on environmental design and thermal comfort. In: PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.

GONÇALVES, Josilena Maria Zanello. **Arquitetura Moderna no Centenário de Emancipação Política do Paraná**: a construção de um marco de referência. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2001.

GONÇALVES, Josilena Maria Zanello. **A Arquitetura Moderna e o Sesquicentenário de Emancipação Política do Paraná**: o Tombamento de Marcos de Referência da Arquitetura Moderna Paranaense. 5º Seminário Docomomo Brasil, 2003.

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: Procel / Eletrobrás, 1998.

GRIGOLETTI, Giane de C.; SATTLER, Miguel A.; SPIAS, Patrícia; MÜLLER, Sâmila. Proposta de coeficiente volumétrico global de perdas e ganhos de calor para análise de comportamento térmico de habitações de interesse social. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Ouro Preto, 2007. p. 855-864. CD-ROM

GROAT, Linda & WANG, David. **Architectural Research Methods**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2002. Tradução preliminar por Aloísio Leoni Schmid, 2007.

GUERRA, Abílio. **A sustentabilidade cultural em Lúcio Costa**. Iniciativa Solvin, 2005. Disponível em: <<http://www.iniciativasolvin.com.br/home/abilio.pdf>> Acesso em: 02 mar. 2007.

GUERRA, Abílio; RIBEIRO, Alessandro Castroviejo. Casas brasileiras do século XX. **Arquitextos**. São Paulo, Portal Vitruvius, julho 2006. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq074/arq074_01.asp> Acesso em: 18 jan. 2007.

GUTIERREZ, Grace Cristina Roel. **Avaliação do Desempenho Térmico de Três Tipologias de Brise-Soleil Fixo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2004.

GUTIERREZ, Grace Cristina Roel; LABAKI, Lucila Chebel. Considerações sobre o brise-soleil na arquitetura moderna brasileira. In: VIII ENCONTRO NACIONAL E IV LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Maceió, 2005. p. 874-881. CD-ROM

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. Fundação Calouste Gulbenkian, 2 ed., 1980.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA *et al.* Proposta de Preservação da Arquitetura Moderna em Curitiba. In: 5º SEMINÁRIO DOCOMOMO BRASIL, 2003a, São Carlos. **Anais...** CD-ROM.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA *et al.* **Arquitetura Moderna em Curitiba**. Curitiba, 2003b. 2 CD-ROM.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Tecnologia das Edificações**: Projeto de Divulgação Tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: IPT, 1988.

INSTITUTO LINA BO E P.M. BARDI. **Vilanova Artigas**. Série Arquitetos Brasileiros, 1997. Disponível em: <<http://www.eesc.usp.br/sap/disciplinas/SAP612/final-site/aula%20Artigas.htm>> Acesso em: 14/01/2008.

IRIGOYEN, Adriana. **Wright e Artigas**: Duas Viagens. Cotia: Ateliê Editorial, 2002.

IZARD, Jean-Louis; GUYOT, Alain. **Arquitectura bioclimática**. México, D.F.: Ediciones G. Gili, S.A., 1983.

LAAR, Michael. Brise soleil – Classical elements of tropical modernism. In: Seventh International IBPSA Conference. Rio de Janeiro, 2001. p.1321-1328.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LIMA, Daniele Abreu e. **Arquitetura moderna nos trópicos: exemplos em Pernambuco**. São Paulo, 2002. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

LINS, Paulo César Zanoncini. **Caminhos da arquitetura**: trajetória profissional de Ayrton “Lolo” Cornelsen – memória da arquitetura moderna paranaense. Curitiba: Paulo César Zanoncini Lins, 2004.

MACIEL, Alexandra Albuquerque. **Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico**. Florianópolis, 2006. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

MAHFUZ, Edson da Cunha. *The importance of being Reidy*. **Arquitextos**. São Paulo, Portal Vitruvius, setembro de 2003. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq040/arq040_03.asp> Acesso em: 05 mar. 2007.

MARAGNO, Gogliardo Vieira. **Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande – MS**. Porto Alegre, 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - PROPARG, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARTINS, Clara Passaro; GONÇALVES, Joana Carla Soares. Uma perspectiva conceitual do conforto ambiental na arquitetura e a primeira fase do modernismo brasileiro nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Ouro Preto, 2007. p. 1143-1152. CD-ROM

MASCARELLO, Vera Lúcia Dutra. **Princípios bioclimáticos e princípios de arquitetura moderna – evidências no edifício hospitalar**. Porto Alegre, 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Luz, clima e arquitetura**. 3 ed. São Paulo: Nobel, 1983.

MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Energia na Edificação** – estratégia para minimizar seu consumo. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda, 1985.

MENONCIN, Ana Claudia; NUNES, Paula; PIROLI, Rosália Evald; KONO, Suzana Naomi. **Residência Joaquim Franco - Elgson Ribeiro Gomes**. 15 f. Trabalho de Graduação (Disciplina Teoria da Arquitetura) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

NEVES, Letícia de Oliveira Neves. **Arquitetura Bioclimática e a Obra de Severiano Porto: Estratégias de Ventilação Natural**. São Carlos, 2006. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

OLGYAY, Victor. **Arquitectura y Clima: Manual de Diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1998. Edição em espanhol.

OLGYAY, Victor; OLGAY, Aladar. **Design with Climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1963.

OLIVEIRA, Giceli Portela Cunico de. **Restauo de uma unidade de interesse de preservação**. Curitiba, 2003. Projeto arquitetônico em 6 pranchas.

RAHAL, Marina Silva. **O conforto térmico nas residências de Rino Levi**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2006.

REGO, José Lins do. 1952. In: XAVIER, A. **Arquitetura moderna brasileira: depoimento de uma geração**. São Paulo: Pini, 1987. p. 300-304.

RESIDÊNCIA Joaquim Franco - Elgson Ribeiro Gomes. Disciplina Teoria da Arquitetura – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1979. 15 diapositivos, color., 5 x 5 cm.

RORIZ, Maurício. **Luz do Sol: radiação solar e iluminação natural - versão 1.1**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1995.

ROSENFELD, Elías; SAN JUAN, Gustavo; DISCOLI, Carlos; DICROCE, Luciano; BREA, Bárbara; MELCHIORI, Mariana. Edifícios proto-bioclimáticos en la Argentina: tres ejemplos relevantes. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 7-21, jul./set. 2007.

SCHMID, Aloísio Leoni. **A idéia de conforto**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

SEGAWA, Hugo. **Arquiteturas no Brasil 1900-1990**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

SEGAWA, Hugo. Clave de sol: notas sobre a história do conforto ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.3, n.2, p.37-46, abr./jun. 2003.

SEGAWA, Hugo; DOURADO, Guilherme Mazza. **Oswaldo Arthur Bratke**. São Paulo: ProEditores, 1997.

SILVA, Rafael Spindler da. O Conjunto Pedregulho e algumas relações compositivas. **Arquitextos**. São Paulo, Portal Vitruvius, julho de 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp318.asp>> Acesso em: 06 mar. 2007.

SILVA, Vanessa Gomes da; SILVA, Maristela da; AGOPYAN, Vahan. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7-18, jul./set. 2003.

STAGNO, Bruno. **Climatizando con el Clima**: El Comportamiento del edificio Holcim (un estudio de caso en Costa Rica). In: III Encuentro de Arquitectura, Urbanismo y Paisajismo Tropical (2004: Costa Rica). Instituto de Arquitectura Tropical, 2004. Disponível em: <http://www.brunostagno.info/ARTIC_CONFER.htm> Acesso em 13 fev. 2007.

SUZUKI, Juliana. **Artigas e Cascaldi**: Arquitetura em Londrina. Cotia: Ateliê Editorial, 2003.

SZABO, Ladislao. **A arquitetura no caminho da sustentabilidade**. Iniciativa Solvin, 2005. Disponível em: <<http://www.iniciativasolvin.com.br/home/ladislao.pdf>> Acesso em: 02 mar. 2007.

TOMBAZIS, Alexandros N. Architecture and bioclimatic design: Less is beautiful. In: III ENCONTRO NACIONAL E I LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Gramado, 04 a 07 de julho de 1995. CD-ROM

TRIANA, Maria Andréa; LAMBERTS, Roberto. Metodologia de avaliação ambiental brasileira para o setor residencial: eficiência energética. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Ouro Preto, 08 a 10 de agosto de 2007. CD-ROM

TZIKOPOULOS, A.F., KARATZA, M.C., PARAVANTIS, J.A.. Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings. **Energy and Buildings**, 37, p. 529–544, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Normalização em Conforto Ambiental. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**. set. 2003. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/conforto/index.html>> Acesso em: 26 out. 2005.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Geros s/c Ltda. 2ed, 2004. 376p.

VITRUVIO, M. **Da Arquitetura**. Trad. Marco Aurélio Lagonegro. 2 ed. São Paulo: Hucitec – Annablume, 2002.

XAVIER, Alberto. **Arquitetura moderna em Curitiba**. São Paulo: Pini; Curitiba: Fundação Cultural de Curitiba, 1985.

XAVIER, A. **Arquitetura moderna brasileira: depoimento de uma geração**. São Paulo: PINI/ ABEA/ FVA, 1987.

YANNAS, Simos. **Solar Energy and housing design**. Volume 1: Principles, Objectives, Guidelines. London: Architectural Association Publications, 1994.

YEANG, Ken. **The skyscraper bioclimatically considered: a design primer**. Academy Editions, Londres, 1996.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 3. ed. Trad. Daniel Grassi.

DOCUMENTOS CONSULTADOS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

BEHLING, Sophia y Stefan (2002). "Sol Power – La evolution de la arquitectura sostenible". Editorial. Gustavo Gili, SA, Barcelona.

CAMPOS, Rudnei Ferreira. **Análise da influência da orientação da testada dos lotes na ocupação do setor estrutural de Curitiba**. Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

CAVALCANTI, Lauro; LAGO, André Correa do. Ainda moderno? Arquitetura brasileira contemporânea. **Arquitextos**. São Paulo, Portal Vitruvius, novembro de 2005. Disponível em:
<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq066/arq066_00.asp> Acesso em: 06 mar. 2007.

KOWALTOWSKI, D. C.C.K. *et al.* ENSINO DE PROJETO BIOCLIMÁTICO: O PAPEL DOS PROBLEMAS E RESTRIÇÕES NO PROCESSO CRIATIVO. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Ouro Preto, 08 a 10 de agosto de 2007. p. 280-289. CD-ROM

MAHFUZ, Edson da Cunha. O sentido da arquitetura moderna brasileira. **Arquitextos**. São Paulo, Portal Vitruvius, jan 2002. Disponível em:
<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq020/arq020_01.asp> Acesso em: 06 mar. 2007.

MONTERO, Jorge Isaac Perén. **Ventilação e Iluminação Naturais na Obra de João Filgueiras Lima, Lelé**: Estudo dos Hospitais da Rede Sarah Kubitschek, Fortaleza e Rio de Janeiro. São Carlos, 2006. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ANEXO – ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

A

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASHRAY = *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

C

CENPES = Centro de Pesquisas da PETROBRÁS

D

DOCOMOMO = *Documentation and Conservation of Buildings, Sites and Neighbourhoods of the Modern Movement*

E

ENE = Lés-nordeste

ESE = Lés-sudeste

F

FAU-USP = Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

I

IPPUC = Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba

L

L = Leste

M

MES = Ministério da Educação e Saúde

N

N = Norte

NB = Norma Brasileira

NBR = Norma Brasileira Regulamentar

NE = Nordeste

NNE = Nor-nordeste

NNO = Nor-noroeste

NO = Noroeste

O

O = Oeste

OSO = Oés-sudoeste

ONO = Oés-noroeste

P

PETROBRÁS = Petróleo Brasileiro

PMV = *predicted mean vote*

PPD = *percentage of people dissatisfied*

S

S = Sul

SE = Sudeste

SO = Sudoeste

SSE = Sul-sudeste

SSO = Sul-sudoeste

T

TRY = *Test Reference Year*

U

UFPR = Universidade Federal do Paraná

UFSC = Universidade Federal de Santa Catarina

USP = Universidade de São Paulo

APÊNDICE

APÊNDICE 1 - CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, FATOR DE GANHO SOLAR E ATRASO TÉRMICO PARA A COBERTURA DA RESIDÊNCIA FREDERICO KIRCHGÄSSNER.....	229
APÊNDICE 2 - CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, ATRASO TÉRMICO E FATOR DE GANHO SOLAR PARA A COBERTURA DA RESIDÊNCIA CLEUZA LUPION CORNELSEN.....	230
APÊNDICE 3 - CÁLCULO DO FATOR DE GANHO SOLAR PARA A COBERTURA E PAREDES DA RESIDÊNCIA JOÃO LUIZ BETTEGA.....	231
APÊNDICE 4 - CÁLCULO DO FATOR DE GANHO SOLAR PARA A COBERTURA E PAREDES DA RESIDÊNCIA JOAQUIM FRANCO.....	232
APÊNDICE 5 - CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, ATRASO TÉRMICO E FATOR DE GANHO SOLAR DO FATOR DE GANHO SOLAR PARA A COBERTURA E PAREDES DA RESIDÊNCIA MÁRIO PETRELLI.....	233

APÊNDICE 1 – CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, FATOR DE GANHO SOLAR E ATRASO TÉRMICO PARA A COBERTURA DA RESIDÊNCIA FREDERICO KIRCHGÄSSNER

1.1 Transmitância térmica (U):

$$1/U = 1/8 + \text{espessura laje}/\lambda_{\text{laje}} + 1/6 + 1/23 + e_{\text{forro}}/\lambda_{\text{forro}}$$

$$1/U = 1/8 + 0,29/1,75 + 1/6 + 1/23 + 0,025/0,35$$

$$1/U = 0,57$$

$$U = 1,754$$

Onde:

Camada de ar = 1/6

Espessura laje = 29 cm

Forro de estuque (gesso)

1.2. Fator solar (FS_o):

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 1,75 \times 0,85 \times 0,04$$

$$FS_o = 5,95$$

Onde:

α = foi considerado o valor 0,85

R_{se} = Direção de fluxo descendente

1.3 Atraso térmico (ϕ):

$$\phi = 1,382 \times e^{\sqrt{(\rho \times c / 3,6 \times \lambda)}}$$

$$\phi = 1,382 \times 0,29 \sqrt{2200 \times 1 / 3,6 \times 1,75}$$

$$\phi = 0,40078 \sqrt{349,20}$$

$$\phi = 0,40078 \times 18,686$$

$$\phi = 7,49$$

Onde:

ρ = valor para concreto normal

APÊNDICE 2 – CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, ATRASO TÉRMICO E FATOR DE GANHO SOLAR PARA A COBERTURA DA RESIDÊNCIA CLEUZA LUPION CORNELSEN

2.1 Transmissão térmica (U):

$$1/U = 1/8 + \text{espessura laje}/\lambda_{\text{laje}} + 1/6 + 1/23 + e_{\text{forro}}/\lambda_{\text{forro}}$$

$$1/U = 1/8 + 0,20/1,75 + 1/6 + 1/23 + 0,02/0,15$$

$$1/U = 0,581$$

$$U = 1,72$$

Onde:

Camada de ar = 1/6

Espessura laje = 20 cm

Forro de madeira

2.2 Fator solar (FS_o):

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 1,72 \times 0,85 \times 0,04$$

$$FS_o = 5,84$$

Onde:

$\alpha = 0,85$

R_{se} = Direção de fluxo descendente

2.3 Atraso térmico (ϕ):

$$\phi = 1,382 \times e^{\sqrt{(\rho \times c / 3,6 \times \lambda)}}$$

$$\phi = 1,382 \times 0,2 \sqrt{(2000 \times 0,84 / 3,6 \times 0,95)}$$

$$\phi = 0,2764 \sqrt{1680 / 3,42}$$

$$\phi = 0,2764 \times 22,16$$

$$\phi = 6,12$$

Onde:

ρ fibrocimento=2000

APÊNDICE 3 – CÁLCULO DO FATOR DE GANHO SOLAR PARA A COBERTURA E PAREDES DA RESIDÊNCIA JOÃO LUIZ BETTEGA

3.1 Fator solar (FS_o) da cobertura:

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 1,93 \times 0,85 \times 0,04$$

$$FS_o = 6,5$$

Onde:

$$U = 1,93$$

$$R_{se} = 0,04$$

3.2 Fator solar (FS_o) das paredes:

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 2,49 \times 0,74 \times 0,04$$

$$FS_o = 7,37$$

Onde:

$$U \text{ para tijolo de 4 furos} = 2,49$$

$$\alpha \text{ para pintura vermelha} = 0,74$$

$$R_{se} = 0,04$$

APÊNDICE 4 – CÁLCULO DO FATOR DE GANHO SOLAR PARA A COBERTURA E PAREDES DA RESIDÊNCIA JOAQUIM FRANCO

4.1 Fator solar (FS_o) da cobertura:

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 1,93 \times 0,85 \times 0,04$$

$$FS_o = 6,5$$

Onde:

$$\alpha = 0,85$$

R_{se} = Direção de fluxo descendente

4.2 Fator solar (FS_o) das paredes:

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 2,25 \times 0,20 \times 0,04$$

$$FS_o = 1,8$$

F_{so} = 2,7 (para parede vermelha clara ou amarela clara)

Onde:

U = tijolo maciço

α para pintura branca = 0,20

R_{se} = 0,04

APÊNDICE 5 – CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, ATRASO TÉRMICO E FATOR DE GANHO SOLAR DO FATOR DE GANHO SOLAR PARA A COBERTURA E PAREDES DA RESIDÊNCIA MÁRIO PETRELLI

5.1 Cobertura com forro de madeira:

5.1.1 Transmitância térmica (U):

$$1/U = 1/8 + \text{espessura laje}/\lambda_{\text{laje}} + 1/6 + 1/23 + e_{\text{forro}}/\lambda_{\text{forro}}$$

$$1/U = 1/8 + 0,10/1,75 + 1/6 + 1/23 + 0,02/0,15$$

$$1/U = 0,916$$

$$U = 1,09$$

Onde:

Camada de ar = 1/6

Espessura laje = 10cm

Forro de madeira

5.1.2 Fator solar (FS_o):

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 1,09 \times 0,80 \times 0,04$$

$$FS_o = 3,49$$

Onde:

$\alpha = 0,80$ (para concreto aparente)

R_{se} = Direção de fluxo descendente

5.1.3 Atraso térmico (ϕ):

$$\phi = 1,382 \times e^{\sqrt{(\rho \times c / 3,6 \times \lambda)}}$$

$$\phi = 1,382 \times 0,10^{\sqrt{(2200 \times 1 / 3,6 \times 1,75)}}$$

$$\phi = 0,1382^{\sqrt{(2200 / 6,3)}}$$

$$\phi = 0,1382 \times 18,68$$

$$\phi = 2,58$$

Onde:

ρ concreto = 2200

5.2 Cobertura com manta de impermeabilização:

5.2.1 Fator solar (FS_o):

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 1,09 \times 0,97 \times 0,04$$

$$FS_o = 4,22$$

Onde:

$\alpha = 0,80$ (para concreto aparente)

R_{se} = Direção de fluxo descendente

5.3 Cobertura com forro de gesso:

5.3.1 Transmitância térmica (U):

$$1/U = 1/8 + \text{espessura laje}/\lambda_{\text{laje}} + 1/6 + 1/23 + e_{\text{forro}}/\lambda_{\text{forro}}$$

$$1/U = 1/8 + 0,10/1,75 + 1/6 + 1/23 + 0,02/0,35$$

$$1/U = 0,4492$$

$$U = 2,22$$

Onde:

Camada de ar = 1/6

Espessura laje = 10 cm

Forro de gesso = 0,35

5.3.2 Fator solar (FS_o):

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 2,22 \times 0,80 \times 0,04$$

$$FS_o = 7,10$$

Onde:

$\alpha = 0,80$ (para concreto aparente)

R_{se} = Direção de fluxo descendente

5.4 Paredes externas:

5.4.1 Painel de madeira:

5.4.1.1 Resistência (R):

$$R = e / \lambda$$

$$R = 0,0375 / 0,23$$

$$R = 0,163$$

5.4.1.2 Transmitância térmica (U):

$$U = 1 / R$$

$$U = 6,13$$

5.4.1.3 Atraso térmico (ϕ):

$$\phi = 1,382 \times e \sqrt{(\rho \times c / 3,6 \times \lambda)}$$

$$\phi = 1,382 \times 0,0375 \sqrt{(700 \times 1,34 / 3,6 \times 0,23)}$$

$$\phi = 0,0518 \times 33,65$$

$$\phi = 1,74$$

5.4.1.4 Fator solar (FS_o):

$$FS_o = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$FS_o = 100 \times 6,13 \times 0,9 \times 0,04$$

$$FS_o = 22,07$$

5.4.1 Vidro do tipo temperado com 10 mm de espessura:

5.4.1.1 Resistência (R):

$$R_{vidro} = e / \lambda$$

$$R_{vidro} = 0,01 / 1$$

$$R_{vidro} = 0,01$$

5.4.1.2 Transmitância térmica (U):

$$U_{vidro} = 1 / R$$

$$U = 1 / 0,01$$

$$U = 100$$

5.4.1.3 Atraso térmico (ϕ):

$$\begin{aligned}\phi &= 1,382 \times e \sqrt{(\rho \times c / 3,6 \times \lambda)} \\ \phi &= 1,382 \times 0,01 \sqrt{(2500 \times 0,84 / 3,6 \times 1)} \\ \phi &= 0,01382 \times 24,15 \\ \phi &= 0,33\end{aligned}$$

5.5 Parede de pedra:

5.5.1 Resistência (R):

$$\begin{aligned}R &= e / \lambda \\ R &= 0,45 / 2,40 \\ R &= 0,1875\end{aligned}$$

5.5.2 Transmitância térmica (U):

$$\begin{aligned}U &= 1 / R \\ U &= 5,33\end{aligned}$$

5.5.3 Atraso térmico (ϕ)

$$\begin{aligned}\phi &= 1,382 \times e \sqrt{(\rho \times c / 3,6 \times \lambda)} \\ \phi &= 1,382 \times 0,45 \sqrt{(2400 \times 0,84 / 3,6 \times 2,40)} \\ \phi &= 0,6219 \times 15,275 \\ \phi &= 9,49\end{aligned}$$